รายงานการวิจัย

การทดลองศึกษาอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

Experimental Study of Drying Fish with Solar Tunnel Dryer

วสันต์ จีนธาดา Wasan Jeentada

ฐานวิทย์ แนมใส Thanwit Naemsai

เฉลิม ศิริรักษ์ Chalerm Sirirak

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2557

การทดลองศึกษาอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

วสันต์ จีนธาดา ฐานวิทย์ แนมใส และ เฉลิม ศิริรักษ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาอบแห้งปลาเหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และอบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 1.2 × 3 × 0.1 เมตร (กว้าง × ยาว × สูง) ห้องอบแห้งขนาด 1.2 × 2 × 0.2 เมตร ระบายอากาศด้วยลูกหมุนระบายอากาศขนาด 14 นิ้ว โดยต่อท่อระบายอากาศสูง 2 เมตร เครื่องอบแห้งสามารถบรรจุปลาได้เฉลี่ย 198 ตัว หรือ ประมาณ 14 กิโลกรัม การทดลองได้บันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์ น้ำหนักของปลา ทุกๆ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 9:00-16:00 ของแต่ละวันจนความชื้นของปลาเหลือ 60-70% มาตรฐานแห้ง จากผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 21% ทำให้การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ใช้เวลาอบแห้ง 2 วัน ก็ทำให้ความชื้นของปลาลดลงต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ส่วนการอบแห้งปลาด้วยด้วยการตากแดดโดยตรงจะต้องใช้เวลา 2 วันครึ่งจึงจะทำให้ความชื้นของปลาลดลงต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง และพบว่าปลาที่อบด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีสีขาวและขุ่นกว่าปลาที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรงเนื่องจากอุณหภูมิที่สูงกว่าทำให้เนื้อปลาค่อนข้างสุก แต่เมื่อนำเนื้อปลาทั้งสองกรณีมาทอดแล้วจะพบว่าเนื้อปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีสีเข้มกว่าและจะมีความกรอบมากกว่าปลาที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง

คำสำคัญ: อบแห้ง ปลา พลังงานแสงอาทิตย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย อ.เมือง จ.สงขลา

Experimental Study of Drying Fish with Solar Tunnel Dryer

Wasan Jeentada Thanwit Naemsai and Chalerm Sirirak

ABSTRACT

This article presented an experimental study of lizardfish drying with solar tunnel dryer and open sun drying. The solar tunnel dryer composed of the solar collector of 1.2 m x 3 m x 0.1 m, drying chamber of 1.2 m x 2 m x 0.2 m and 14 inch dome ventilator attached ventilating pipe of 2 m. Moreover, the maximum of this dryer was 198 pieces or around 14 kg. The relative humidity, solar radiation and fish weight were recorded hourly (from 9 am to 4 pm) and stopped the data record when the fish moisture content nearly 60-70 % (d.b.). From the experiment, the drying temperature was higher than ambient temperature nearly 22 °C while relative humidity of the dryer was lower than that of ambient around 21 %. The fishes were dried by the tunnel dryer within 2 days while the natural sun drying needed 2 and a half day. In addition, the skin of dried fish from the dryer that was white smoke was darker than that from the natural sun drying because of higher drying temperature. After cooking, the dried fishes from the dryer were crisper than that from the natural sun drying

Keywords: Drying, fish, Solar Energy

Faculty of Engineering. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Muang, Songkhla.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2557 และความอนุเคราะห์จากชุมชนวังเขียววังขาว เลขที่ 35/1 ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อการสนับสนุนโครงการวิจัยเรื่องการทดลองศึกษาอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยและความอนุเคราะห์จากชุมชนวังเขียววังขาว เลขที่ 35/1 ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา มา ณ ที่นี้

คณะผู้วิจัย

ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	8
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	11
3.1 แผนการดำเนินงาน	11
3.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์	13
3.3 วิธีการทดลอง	17
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์	20
4.1 ผลการทดลอง	20
บทที่ 5 สรุป	28
5.1 สรุปผลการทดลอง	28
เอกสารอ้างอิง	29
ภาคผนวก ก ผลการทดลอง	30
ภาคผนวก ข ค่าคงที่แบบจำลองอบแห้งชั้นบาง	40

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แผนการดำเนินโครงการ	12

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Hossain and Bala (2007)	3
2.2	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Usub และคณะ (2008)	4
2.3	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Srisittipokakun และคณะ (2012)	4
2.4	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Bala และคณะ (2003)	5
2.5	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ ยุทธศักดิ์ (2549)	6
2.6	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ พูลทวี (2550)	7
2.7	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ รัฐธิปัตย์ (2545)	7
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าความชื้นกับเวลา (ธงไชย, 2530)	9
2.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนค่าความชื้น (ธงไชย, 2530)	10
3.1	ลำดับวิธีการดำเนินงาน	11
3.2	ปลาเหลนแช่น้ำเกลือ	13
3.3	เซนเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Radiation Sensor)	14
3.4	สาย Thermocouple (เทอร์โมคัปเปิล)	14
3.5	เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล (Datalogger)	15
3.6	เครื่องชั่งน้ำหนัก	15
3.7	ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ BINDER	16
3.8	เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	16
3.9	ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้น	17
3.10	ชั่งน้ำหนักรวมปลาแหลนทั้งหมด	18
3.11	แยกปลาแหลนใส่ถาดให้เท่าๆ กันถาดละ 60 ตัว	18
3.12	ปลาแหลนตัวแทนการทดลองถาดละ 10 ตัว	19
4.1	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการทดลองครั้งที่ 1	20
4.2	ความเข้มแสงอาทิตย์ของการทดลองครั้งที่ 1	21
4.3	ความชื้นมาตรฐานแห้งที่ลดลงของการอบแห้งปลาการทดลองครั้งที่ 1	21

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.4	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการทดลองครั้งที่ 2	22
4.5	ความเข้มแสงอาทิตย์ของการทดลองครั้งที่ 2	22
4.6	ความชื้นมาตรฐานแห้งที่ลดลงของการอบแห้งปลาการทดลองครั้งที่ 2	23
4.7	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการทดลองครั้งที่ 3	24
4.8	ความเข้มแสงอาทิตย์ของการทดลองครั้งที่ 3	24
4.9	ความชื้นมาตรฐานแห้งที่ลดลงของการอบแห้งปลาการทดลองครั้งที่ 3	25
4.10	ปลาเหลนที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง	25
4.11	ปลาเหลนที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	26
4.12	เนื้อปลาแหลทอดที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์	26
4.13	เนื้อปลาแหลทอดที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง	27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

การทำให้อาหารแห้งนับเป็นวิธีการถนอมอาหารเพื่อยืดอายุของอาหาร เพิ่มมูลค่าของอาหาร ซึ่งการทำให้อาหารแห้งจะมีวิธีการทำที่หลากหลายอาทิเช่น การทำแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง การทำแห้งด้วยการอบแห้งโดยความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า การทำแห้งด้วยการอบแห้งโดยความร้อนจากเชื้อเพลิงชีวมวล การทำปลาแห้งก็เป็นอาชีพหนึ่งที่นิยมทำกันของกลุ่มชาวบ้านอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา ที่มีพื้นที่ใกล้ทะเล การทำปลาแห้งของกลุ่มชาวบ้านนี้จะใช้วิธีการตากแดดโดยตรง ทำการตากปลา 1-3 วัน แล้วแต่ประเภทของการทำปลาแห้ง นั้นคือการทำปลาแดดเดียวก็จะทำการตากปลา 1 วัน ส่วนการทำปลาแห้งก็จะตากปลาประมาณ 2-3 วันจนกว่าปลาจะแห้งพร้อมที่จะจำหน่ายได้ การทำปลาแห้งของกลุ่มชาวบ้านนี้จะเริ่มตากปลาเวลาประมาณ 08:30 นาฬิกา และจะเก็บปลาเวลาประมาณ 17:00 นาฬิกา เพื่อไม่ให้โดนน้ำค้างตอนกลางคืน จึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำปลาแห้งของกลุ่มชาวบ้านคือการตากแห้งปลาจะมีแมลงวัน ฝุ่น มาปนเปื้อนปลาและจะต้องเก็บปลาด้วยการม้วนตะแกรงตากปลาโดยไม่ได้เอาปลาออกจากตะแกรง เมื่อถึงวันรุ่งขึ้นก็จะนำปลามาตากแดดซ้ำโดยการคลี่ตะแกรงตากปลา จึงได้มีแนวคิดสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวนี้เพื่อให้กลุ่มชาวบ้านผลิตปลาแห้งที่ถูกสุขลักษณะ สะอาด ไม่มีสิ่งสกปรกมาเจือปน ช่วยลดขั้นตอนการผลิตปลาแห้ง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์
2. เพื่อทำให้กลุ่มชาวบ้านอบแห้งปลาที่สะอาดมากขึ้น
3. เพื่อลดเวลาในการอบแห้งปลาและเพิ่มการผลิต

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. อบแห้งเฉพาะปลาเหลน โดยใช้ปลาเหลนจาก ชุมชนวังเขียววังขาว เลขที่ 35/1 ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา

2. ทำการทดลองที่สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

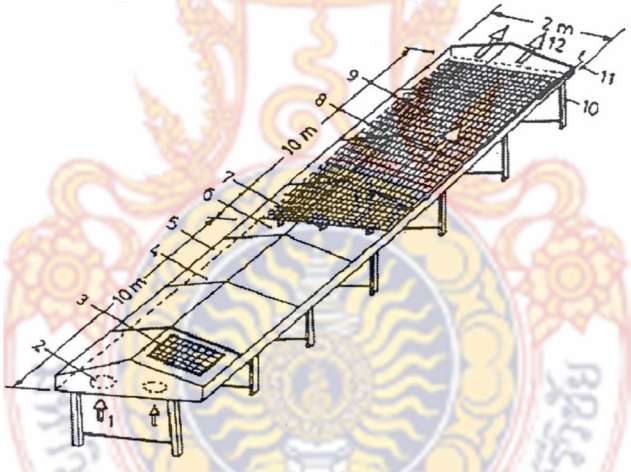
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้กลุ่มชาวบ้านผลิตปลาตากแห้งที่สะอาดมากขึ้น
2. ลดขั้นตอนการผลิตปลาตากแห้ง

บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

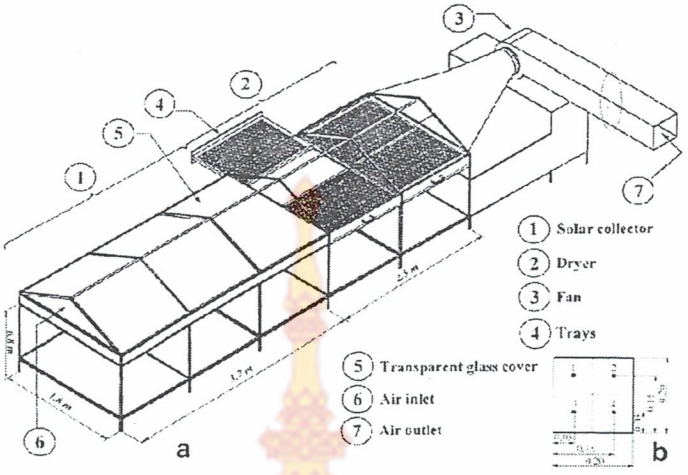
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hossain and Bala (2007) ทำการอบแห้งพริกขี้หนูด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่ใช้แผ่นพลาสติกปกคลุมเพื่อสะสมพลังลังงานแสงอาทิตย์ในการทำให้อากาศร้อน มีพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 40 วัตต์ เพื่อให้พลังงานแกพัดลม เครื่องอบแห้งกว้าง 2 เมตร ยาว 20 เมตร สามารถอบแห้งพริกได้ 80 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าพริกแดงความชื้นลดลงจาก 2.85-0.05 กิโลกรัม/กิโลกรัม (ฐานแห้ง) ในเวลา 20 ชั่วโมง ส่วนการตากแดดโดยตรงใช้จะใช้เวลา 32 ชั่วโมง พริกเขียวความชื้นลดลง 7.6-0.06 กิโลกรัม/กิโลกรัม (ฐานแห้ง) ในเวลา 22 ชั่วโมง ส่วนการตากแดดโดยตรงใช้จะใช้เวลา 35 ชั่วโมง



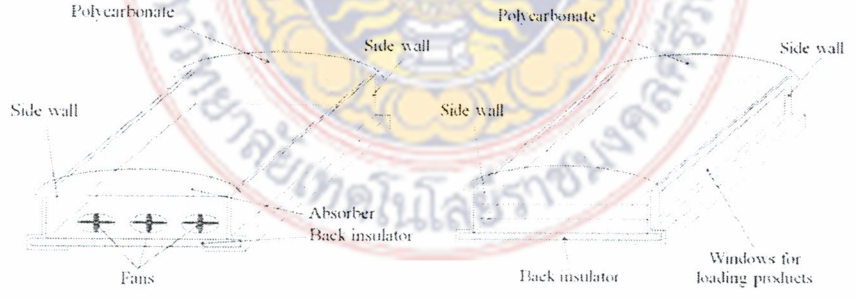
รูปที่ 2.1 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Hossain and Bala (2007)

Usub และคณะ (2008) ทำการอบแห้งไหมดักแด้ด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ใช้กระจกใสหนา 3 มิลลิเมตรปกคลุมเครื่องอบแห้งเพื่อสะสมความร้อนให้กับอากาศภายในอุโมงค์ มีพัดลมเพื่อทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ เครื่องอบแห้งมีขนาดความกว้าง 1.8 เมตร ยาว 6.2 เมตร สูง 0.8 เมตร สามารถอบแห้งได้ 30 กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่าดักแด้ความชื้นลดลง 3.7-0.2 กิโลกรัม/กิโลกรัม (ฐานเปียก) ใช้เวลา 570 นาที โดยมีอัตราการไหลของอากาศ 0.3 กิโลกรัม/วินาที ส่วนการตากแดดโดยตรงจะใช้เวลา 945 นาที ซึ่งสามารถประหยัดเวลาไปได้ 40 เปอร์เซ็นต์



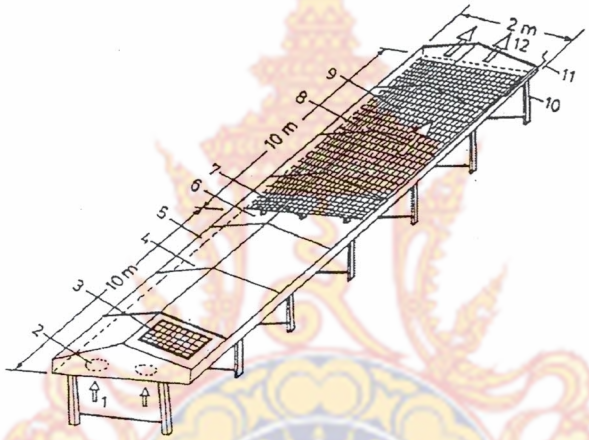
รูปที่ 2.2 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Usub และคณะ (2008)

Srisittipokakun และคณะ (2012) อบแห้งฟ้าทะลายโจรด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตปกคลุมเครื่องอบแห้งเพื่อสะสมความร้อนให้กับอากาศภายในอุโมงค์ มีพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงระบายอากาศ 3 ตัว ขับด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ 15 วัตต์ เครื่องอบแห้งมีขนาดความกว้าง 1.22 เมตร ยาว 12.2 เมตร ผลการทดลองพบว่าฟ้าทะลายโจรความชื้นลดลง 75-7 กิโลกรัม/กิโลกรัม (ฐานเปียก) ใช้เวลา 2-3 วัน



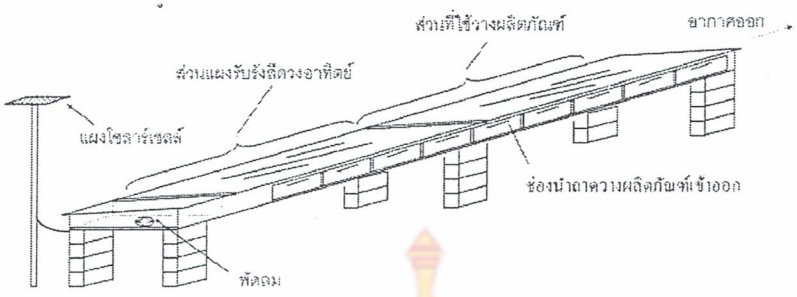
รูปที่ 2.3 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Srisittipokakun และคณะ (2012)

Bala และคณะ (2003) อบแห้งสัปปะรดด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ใช้แผ่นพลาสติกปกคลุมเพื่อสะสมพลังลังงานแสงอาทิตย์ในการทำให้อากาศร้อน มีพัดลมไฟฟ้ากระแสตรง 2 ตัว ขนาด 6 นิ้ว 12 โวลต์ 1.2 แอม ขับด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 41.6 วัตต์ เครื่องอบแห้งกว้าง 2 เมตร ยาว 20 เมตร สามารถอบสัปปะรดได้ 150 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าสัปปะรดความชื้นลดลงจาก 87.32-14.13 กิโลกรัม/กิโลกรัม (ฐานเปียก) ในเวลา 3 วัน ส่วนการตากแดดโดยตรงในเวลาเท่ากันจะมีความชื้นลดลงเหลือ 21.52 กิโลกรัม/กิโลกรัม (ฐานเปียก) เครื่องอบแห้งจะมีอุณหภูมิในช่วง 34.1-64.0 °C สำหรับการเปลี่ยนแปลงในพลังงานแสงอาทิตย์จาก 0-580 W/m^2



รูปที่ 2.4 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ Bala และคณะ (2003)

ยุทธศักดิ์ (2549) ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้กระจกปิดด้านบน เครื่องอบแห้งประกอบด้วยแผงรับรังสีดวงอาทิตย์แบบแผ่นราบและส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ ที่มีกระจกปิดด้านบนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์จะทำหน้าที่ผลิตอากาศร้อนและเป่าเข้าไปในส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยอาศัยพัดลม ซึ่งทำงานด้วยกำลังไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ขนาด 15 W ผลิตภัณฑ์ที่ทำการอบจะแผ่เป็นชั้นบางอยู่บนถาดในส่วนบรรจุผลิตภัณฑ์ ซึ่งรับความร้อนทั้งจากอากาศร้อนที่ไหลมาจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์และจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผลิตภัณฑ์โดยตรง ทำการทดลองทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งด้วยการทดลองอบแห้งกล้วยครั้งละ 100 กิโลกรัม จำนวน 5 ครั้ง จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิของอากาศในเครื่องอบแห้งแปรค่าระหว่าง 40°C - 80°C โดยใช้เวลาในการทดลองประมาณ 4-5 วัน เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งตามธรรมชาติที่ใช้เวลา 6-7 วัน

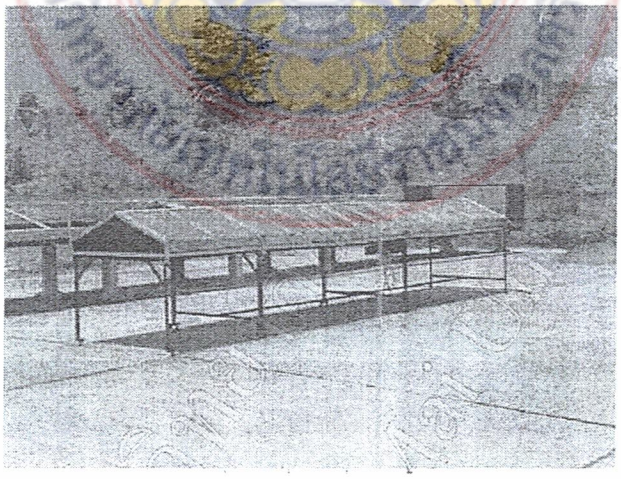


รูปที่ 2.5 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ ยุทธศักดิ์ (2549)

พูลทวี (2550) ศึกษาเทคนิคการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ด้วยการใช้ปล่องความร้อน ลูกหมุนดูดอากาศ และสารดูดความชื้น (ซิลิกาเจล) โดยมีผ้าชุบน้ำและกล้วยน้ำหว้าเป็นตัวอย่างในการทดลอง เปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดโดยตรง ผลการทดลองพบว่า กรณีทดลองอบผ้าม้วนชุบน้ำ เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่มีการเพิ่มปล่องความร้อนและใช้ปล่องความร้อนคู่กับลูกหมุนดูดอากาศ มีอัตราการอบแห้งสูงกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดโดยตรง 8 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนของกรณีใช้สารดูดความชื้นร่วมกับปล่องความร้อนและลูกหมุนดูดอากาศพบว่ามีอัตราการอบแห้งสูงกว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบธรรมดาและการตากแดดโดยตรง 10 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรณีทดลองอบแห้งกล้วยน้ำว่า พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ที่ใช้สารดูดความชื้นร่วมกับปล่องความร้อนและลูกหมุนดูดอากาศ จะทำให้มีสมรรถนะสูง สามารถลดความชื้นของกล้วยน้ำว้าจากความชื้นเริ่มต้น 227 เปอร์เซ็นต์ (ฐานแห้ง) จนเหลือความชื้นสุดท้าย 52 เปอร์เซ็นต์ (ฐานแห้ง) ภายในระยะเวลา 4 วัน

รูปที่ 2.6 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ พูลทวี (2550)

รัฐธิปัตย์ (2545) พัฒนาเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ ขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.5 เมตร อบพริกชี้ฟ้าสดได้ครั้งละ 20 กิโลกรัม เครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ พื้นที่รับแสงและพื้นที่อบแห้งวางต่อกันเป็นแนวยาวโดยทั้งสองส่วนคลุมด้วยพลาสติกใสและใช้พัดลมช่วยในการเคลื่อนที่ของอากาศร้อน จากการศึกษาพบว่าการปิดส่วนต้นทางของพื้นที่รับแสงเพื่อให้อากาศไหลผ่านน้อยที่สุด โดยติดตั้งพัดลม 3 ตัว บริเวณรอยต่อระหว่างพื้นที่รับแสงกับพื้นที่อบแห้งซึ่งมีอัตราการไหลของอากาศ 0.59-1.18 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที และใช้อัตราส่วนพื้นที่รับแสงต่อพื้นที่อบแห้ง 3:2 สามารถเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในห้องอบแห้งได้เฉลี่ยประมาณ 35 องศาเซลเซียส คือเพิ่มจาก 30 องศาเซลเซียสเป็น 65 องศาเซลเซียส สามารถลดความชื้นของพริกจาก 72-73 เปอร์เซ็นต์ เป็น 7-8 เปอร์เซ็นต์ (ฐานเปียก) ภายในเวลา 2 วัน



รูปที่ 2.7 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของ รัฐธิปัตย์ (2545)

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีการอบแห้ง

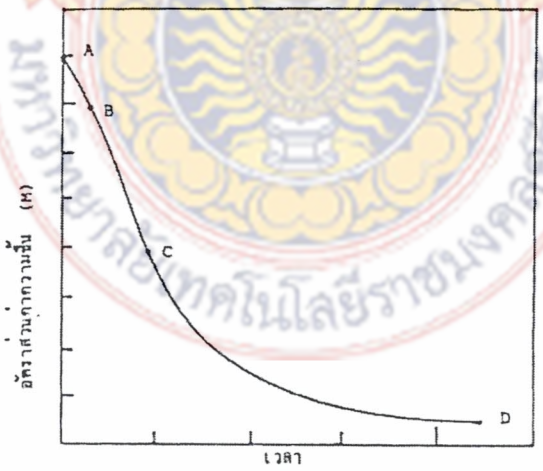
กระบวนการอบแห้งจะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนจากอากาศไปยังผลิตภัณฑ์และการถ่ายเทความชื้นจากผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศ ความร้อนสัมผัสจากอากาศที่ผลิตภัณฑ์ได้รับส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการระเหยน้ำจากผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นรูพรุน

กลไกลการอบแห้งโครงสร้างภายในผลิตภัณฑ์จากสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่ประกอบด้วยช่องว่างเป็นรูพรุนหรือหลอดเล็ก การเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในอาจเนื่องมาจากการแพร่ของของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความเข้มข้น การแพร่ของไอเนื่องจากความแตกต่างของความดันไอย่อยซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากแคปปิลารี (Capillarity) การไหลของไอหรือของเหลวเนื่องจากความแตกต่างของความดันรวม ซึ่งเกิดจากความดันภายนอก การหดตัว อุณหภูมิที่สูง และความเป็นแคปปิลารี (Capillarity) การเคลื่อนที่ของของเหลวเนื่องจากการแพร่ของความชื้นบนผิวของรูพรุนเล็กๆ

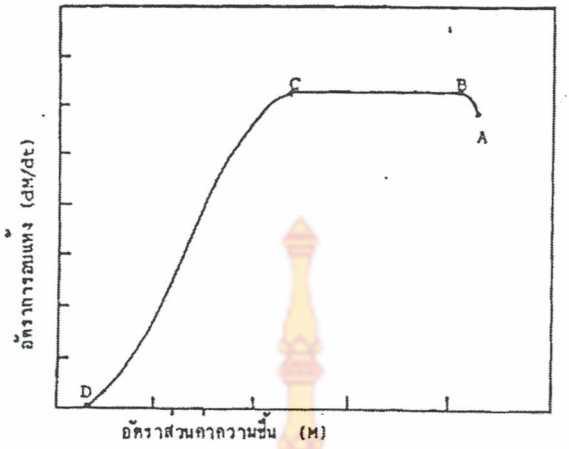
ทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับการอบแห้งจะอธิบายเกี่ยวกับกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ ตัวอย่าง ทฤษฎีที่อธิบายการส่งผ่านความร้อนและความชื้นในผลิตภัณฑ์รูพรุนมีเช่นทฤษฎีการแพร่ (Diffusion Theory) ทฤษฎีแคปปิลารี (Capillary Therory) ทฤษฎีการกลายเป็นไอและการควบแน่น (Vaporization-Condensation Theory)

วิธีทดลองหาอัตราการอบแห้งโดยทั่วๆ ไปคือการติดตามการเปลี่ยนแปลงความชื้นในรูปของความชื้นหรือในรูปอัตราส่วนความชื้นเทียบกับเวลา ดังแสดงในรูป 2.8 เมื่อนำมาเขียนเป็นอัตราการอบแห้ง (dM/dt) จะได้ดังรูป 2.9 ซึ่งแสดงอัตราการอบแห้งจะพบว่าอัตราการอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วง AB เป็นช่วงที่ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงจุด B ช่วงที่สอง AB เป็นช่วงเส้นตรงซึ่งเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การอบแห้งช่วงนี้มักพบกับผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง (มากกว่า 70-75 เปอร์เซ็นต์) การเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวหน้าผลิตภัณฑ์ไปยังอากาศจะเท่ากับการเคลื่อนที่ของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์มายังผิวหน้า การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดที่ผิวของผลิตภัณฑ์เท่านั้นเปรียบได้กับการระเหยของน้ำจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก ดังนั้นอุณหภูมิผิวหน้าของผลิตภัณฑ์จะเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศอบแห้ง อัตราการระเหยที่ผิวหน้าหาได้จากอัตราการแพร่ของความชื้นผ่านชั้นผิวของอากาศรอบๆ ผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นสัดส่วนกับผลต่างระหว่างความดันย่อยของไอน้ำที่ผิว (อุณหภูมิกระเปาะเปียก) กับของอากาศอบแห้ง อัตราอบแห้งช่วงนี้สามารถอธิบายได้ในรูปความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลและความร้อน พื้นที่ผิวสัมผัสอากาศและผลต่างของ

อุณหภูมิเรียกว่าสมการการอบแห้งคงที่ จุด C เป็นจุดที่เปลี่ยนจากอัตราการอบแห้งคงที่เป็นช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) ความชื้นจุดนี้เรียกว่า ค่าความชื้นวิกฤติ (Critical Moisture Content) ซึ่งจะขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์และสภาวะในการอบแห้ง ในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (CD) ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์มีค่าต่ำกว่าปริมาณความชื้นวิกฤติ อัตราการเคลื่อนที่ของความชื้นจากภายในผลิตภัณฑ์มายังผิวหน้าต่ำกว่าอัตราการระเหยของน้ำจากผิวหน้าสู่อากาศ น้ำจะเคลื่อนที่จากภายในตัวผลิตภัณฑ์มาที่ผิวของผลิตภัณฑ์ในลักษณะของเหลวและ/หรือไอน้ำและจะถูกควบคุมโดยการต้านทานต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดเกรเดียนท์ความชื้นและอุณหภูมิในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ การเคลื่อนที่ของน้ำในรูปของเหลวจะเกิดขึ้นในระยะแรกขณะที่ผลิตภัณฑ์ยังมีปริมาณความชื้นสูง เมื่อปริมาณความชื้นลดต่ำลงมากแล้วน้ำอาจเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำ และโมเลกุลของน้ำที่เกาะภายในของผนังของช่องว่างมีความหนาเพียงสองสามโมเลกุล ซึ่งอัตราการอบแห้งลดลงจะถูกควบคุมด้วยตัวแปรภายในได้แก่ การเคลื่อนที่ของความชื้นภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ เป็นต้น ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้อธิบายอัตราการอบแห้งลดลงเรียกว่า สมการอัตราการอบแห้งลดลง อัตราอบแห้งจะเป็นศูนย์เมื่อผลิตภัณฑ์มีความชื้นที่ปริมาณความชื้นสมดุล (D) ซึ่งหมายความว่าความดันไอของน้ำภายในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับความดันไอน้ำของอากาศที่สภาวะนั้นๆ ปกติแล้วที่สภาวะอากาศหนึ่งๆ ค่าความชื้นวิกฤติและปริมาณความชื้นสมดุล ตลอดจนอัตราการอบแห้งจะเป็นลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด



รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนค่าความชื้นกับเวลา (ธงไชย, 2530)



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการอบแห้งกับอัตราส่วนค่าความชื้น (ธงไชย, 2530)

ความชื้นในวัสดุ

ความชื้นเป็นตัวบอกปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเมื่อเทียบกับมวลของวัสดุหรือวัสดุแห้ง การบอกความชื้นในวัสดุมี 2 แบบ คือ ความชื้นมาตรฐานเปียกซึ่งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักรวมของวัสดุ ส่วนความชื้นมาตรฐานแห้งเป็นสัดส่วนระหว่างน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักแห้งของวัสดุ ดังสมการ

ความชื้นมาตรฐานเปียก

$$MC_{wb} = m_w/(m_w + m_d) = (m_t - m_d)/m_t \quad (2.1)$$

ความชื้นมาตรฐานแห้ง

$$MC_{db} = m_w/m_d = (m_t - m_d)/m_d \quad (2.2)$$

เมื่อ MC_{wb} คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก

MC_{db} คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง

m_t คือ มวลของวัสดุที่เวลาใดๆ (kg)

m_w คือ มวลของน้ำในวัสดุ (kg)

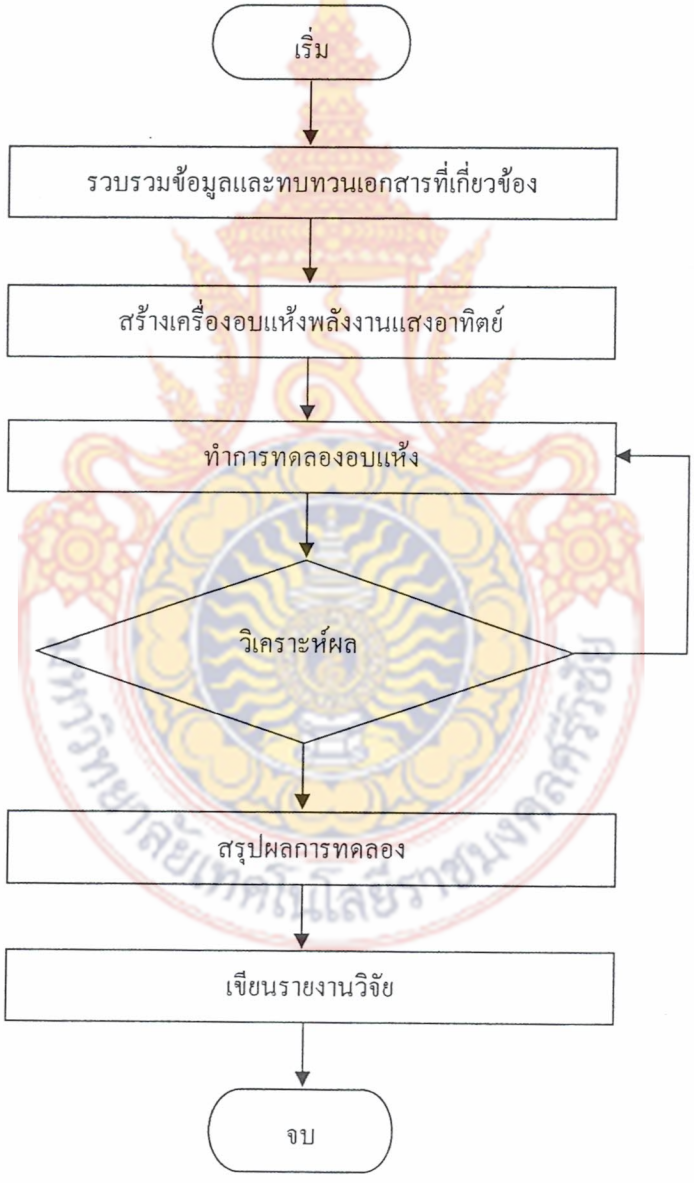
m_d คือ มวลของวัสดุแห้ง (kg)

ความชื้นแบบมาตรฐานแห้งนี้นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เพราะทำให้การคำนวณสะดวกขึ้นเป็นเพราะมวลของวัสดุแห้งมีค่าคงที่ระหว่างการอบแห้ง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ทำการอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.1 และแผนการดำเนินโครงการดังแสดงในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ลำดับวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินโครงการ

กิจกรรม	2556			2557										
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
รวบรวมข้อมูลและทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง														
สร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์														
ทำการทดลองอบแห้ง														
วิเคราะห์ผล														
สรุปผลการทดลอง														
เขียนรายงานวิจัย														

3.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 ปลาแหลนที่ใช้ในการทดลอง

ปลาเหลนจากกระบวนการผลิตของกลุ่มชาวบ้านเพื่อเตรียมพร้อมที่จะตากแห้ง เป็นปลาแหลนที่นำมาขอดเกล็ด ควักไส้ ตัดหัวออก แล้วแช่ในน้ำเกลือประมาณ 10-15 นาที ดังแสดงในรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ปลาเหลนแช่น้ำเกลือ

3.2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

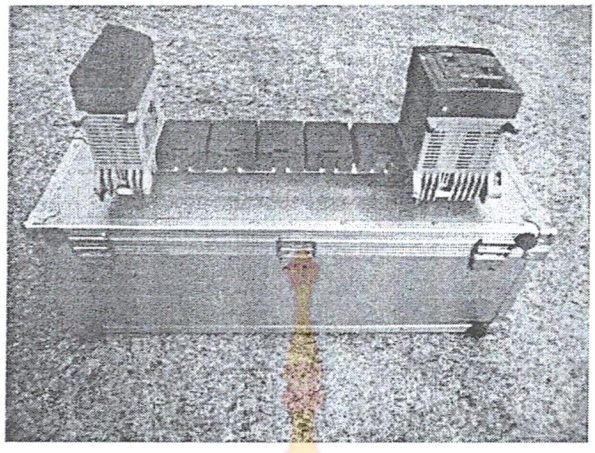
3.2.2.1 เซนเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Radiation Sensor) เซลรับแสง (Photo Cell) ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกด้านในเคลือบด้วยสารซิลิกอน (Silicon) หรือ เซเลเนียม (Selenium) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า ถ้าความเข้มแสงสว่างมาก พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมากตามไปเป็นสัดส่วน เซลรับแสง อาจถูกออกแบบให้โค้งนูนเล็กน้อยเพื่อให้แสงจากทิศทางต่างๆ ตกกระทบในมุม 90 องศา หรือใกล้เคียงที่สุดได้รอบด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 เซนเซอร์วัดความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Radiation Sensor)

3.2.2.2 สาย Thermocouple (เทอร์โมคัปเปิล) คือ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) ดังแสดงในรูป 3.4

รูปที่ 3.4 สาย Thermocouple (เทอร์โมคัปเปิล)

3.2.2.3 เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล (Datalogger) คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่า แล้วทำการบันทึกค่าที่วัดได้ลงในเครื่อง ตามช่วงเวลาที่เรากำหนดไว้ เช่น อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, ความเข้มแสงอาทิตย์ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่บันทึกไว้ นำออกมาแสดงผลในรูปของกราฟ หรือตารางได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.5

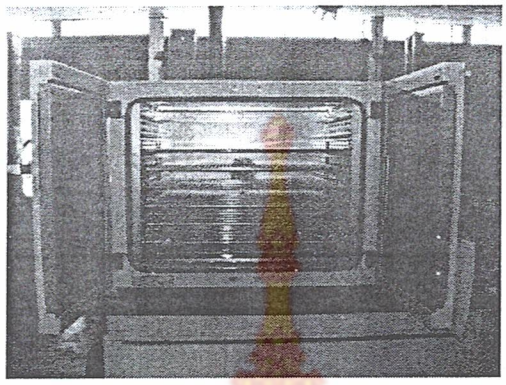


รูปที่ 3.5 เครื่องวัดและบันทึกข้อมูล (Datalogger)

3.2.2.4 เครื่องชั่งน้ำหนัก ของ Sartorius รุ่น Miras สามารถชั่งน้ำหนักได้ถึง 50 กิโลกรัม มีความละเอียดถึง 1/1000 กิโลกรัม ดังแสดงในรูปที่ 3.6

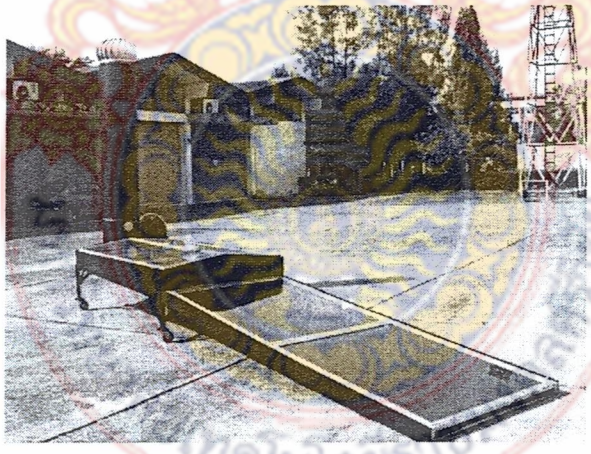
รูปที่ 3.6 เครื่องชั่งน้ำหนัก

3.2.2.5 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ BINDER ดังแสดงในรูปที่ 3.7



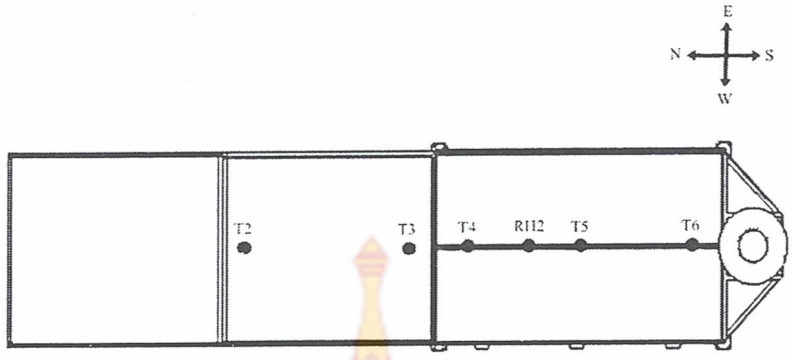
รูปที่ 3.7 ตู้อบควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ BINDER

3.2.2.6 เครื่องอบแห้งที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยตัวรับแสงขนาด 1.2 × 3.0 × 0.1 เมตร (กว้าง × ยาว × สูง) ห้องอบแห้งมีขนาด 1.2 × 2.0 × 0.27 (กว้าง × ยาว × สูง) เมตร ใช้ลูกหมุนขนาด 14 นิ้ว เป็นตัวระบายอากาศ มีความสูงของปล่องระบายอากาศ 2 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

3.2.2.7 ตำแหน่งวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ในการทดลองได้กำหนดตำแหน่งวัดค่าอุณหภูมิ 6 ตำแหน่ง คือ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 1 ตำแหน่งและอุณหภูมิในเครื่องอบแห้ง 5 ตำแหน่ง ส่วนตำแหน่งวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ 2 ตำแหน่ง คือ ความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อมกับความชื้นสัมพัทธ์ในเครื่องอบแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิและความชื้น

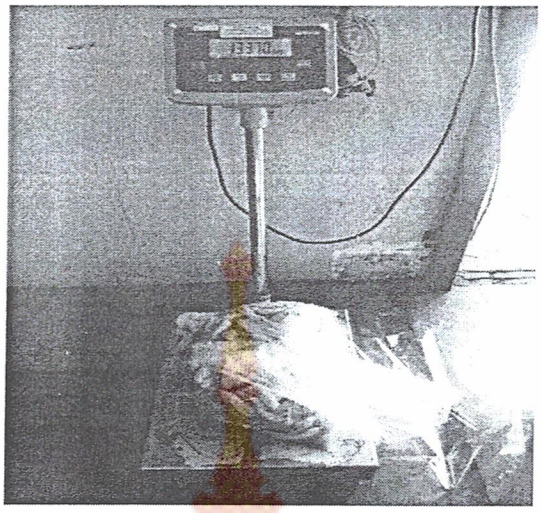
3.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองอบแห้งปลาเหลนจะทำการทดลองตั้งแต่เวลา 09:00 นาฬิกา จนถึงเวลา 16:00 นาฬิกา ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ความเข้มแสงอาทิตย์ น้ำหนัก ทุกๆ ชั่วโมง ในวันแรก ส่วนวันถัดไปจะทำการบันทึกค่าทุกๆ 2 ชั่วโมง

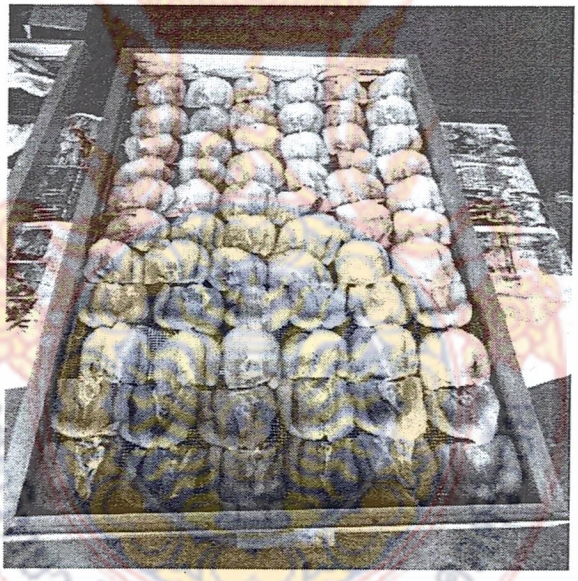
ขั้นตอนการทดลอง

1. จัดเตรียมเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และอุปกรณ์การทดลองให้พร้อม

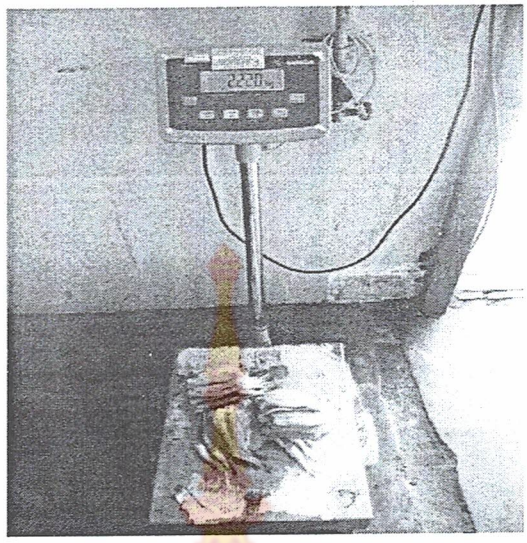
2. นำปลาทั้งหมดมาชั่งน้ำหนักรวมและแยกปลาใส่ถาดให้เท่าๆกันถาดละ 60 ตัว และก่อนนำปลาเข้าเครื่องอบแห้ง ก็นำปลาแหลนตัวแทนการทดลองมาชั่งถาดละ 10 ตัว เพื่อเก็บค่าน้ำหนัก แล้วจึงนำปลาแหลนเข้าเครื่องอบแห้ง ในขณะเดียวกันจะนำปลาแหลนที่จะทำการอบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรงจำนวน 30 ตัวมาชั่งน้ำหนัก เพื่อใช้เป็นค่าเปรียบเทียบของการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์กับการตากแดดโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 3.10-3.12



รูปที่ 3.10 ชั่งน้ำหนักรวมปลาแหลนทั้งหมด



รูปที่ 3.11 แยกปลาแหลนใส่ถาดให้เท่าๆ กันถาดละ 60 ตัว



รูปที่ 3.12 ปลาแหลนตัวแทนการทดลองถาดละ 10 ตัว

3. ทำการบันทึกค่า ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ อุณหภูมิ ตามตำแหน่งที่กำหนด พร้อมกับบันทึกค่า ความเข้มแสงอาทิตย์ และน้ำหนักปลาแหลนตัวแทนการทดลองทุกๆ ชั่วโมง ในวันแรก ส่วนวันถัดไปจะทำการบันทึกค่าทุกๆ 2 ชั่วโมง จนปลาแหลนมีความชื้นตามความต้องการของตลาด

4. นำปลาแหลนตัวแทนการทดลองทั้งในเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ และปลาแหลนที่ตากแดดโดยตรงไปเข้าเครื่องอบแห้งควบคุมอุณหภูมิเพื่อหาน้ำหนักแห้งของปลาแหลน

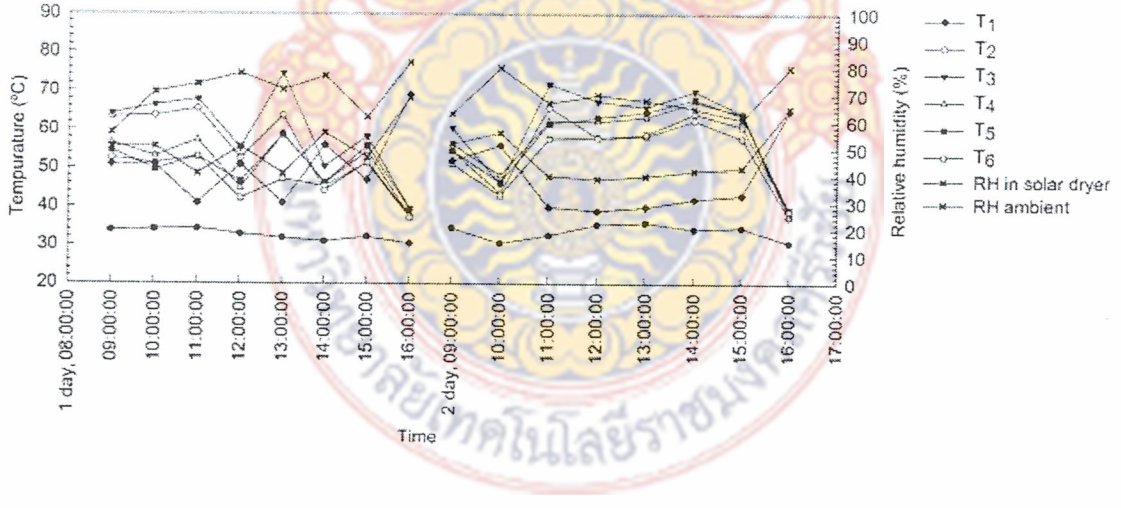
5. นำน้ำหนักแห้งของปลาแหลนและนำหนักของปลาแหลนที่เวลาใดๆ ไปคำนวณหาค่าความชื้นของปลาแหลนที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการวิเคราะห์

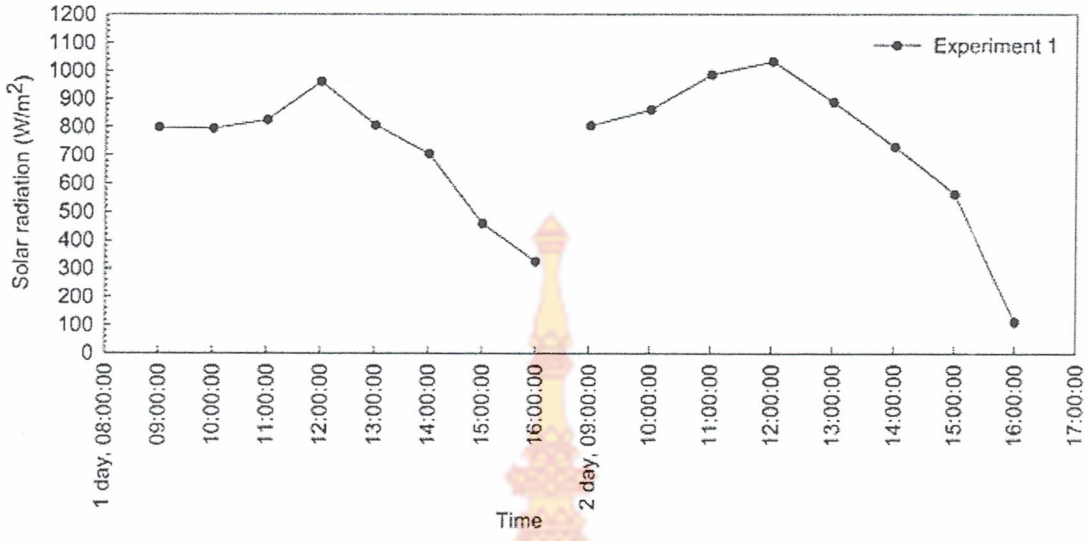
4.1 ผลการทดลอง

ผลการทดลองครั้งที่ 1

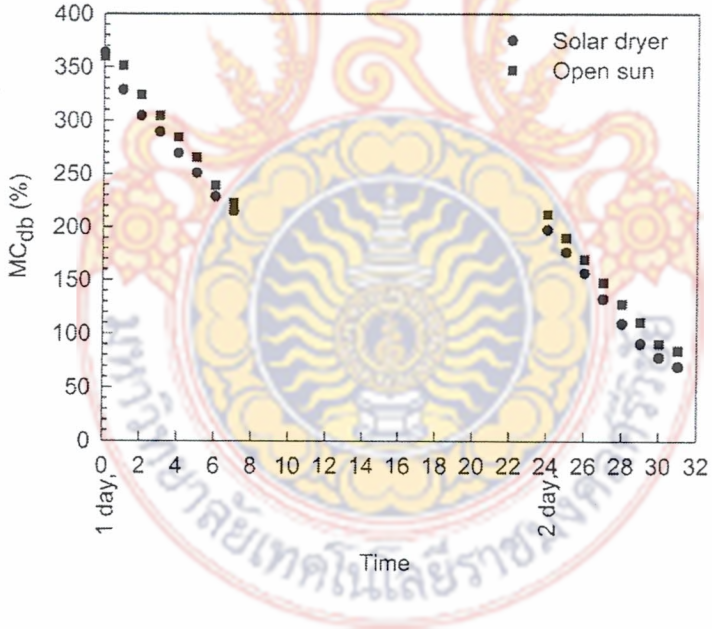
จากผลการทดลองโดยใช้ค่าเฉลี่ยตั้งแต่เวลา 09:00-15:00 พบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ วันแรกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 18.51 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม 21.71% ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 764.42 W/m^2 วันที่สองมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 25.09 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม 23.14% ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 838.08 W/m^2 การอบแห้งปลาเหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์สามารถทำให้ความชื้นของปลาลดลงได้ต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ภายในเวลา 2 วัน ส่วนการตากแดดโดยตรงต้องใช้เวลา 2 วันครึ่งจึงทำให้ความชื้นของปลาลดลงต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.3 โดยที่กลุ่มชุมชนวังเขียววังขาว เลขที่ 35/1 ต.บ่อยาง อ.เมือง จ.สงขลา จะผลิตปลาแหลนแห้งที่ความชื้นของปลาแหลนประมาณ 60-70%



รูปที่ 4.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการทดลองครั้งที่ 1



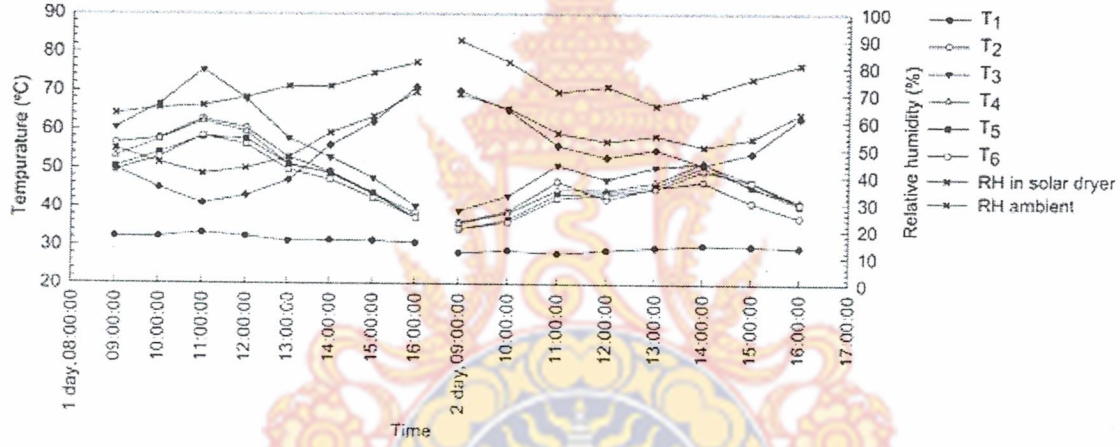
รูปที่ 4.2 ความเข้มแสงอาทิตย์ของการทดลองครั้งที่ 1



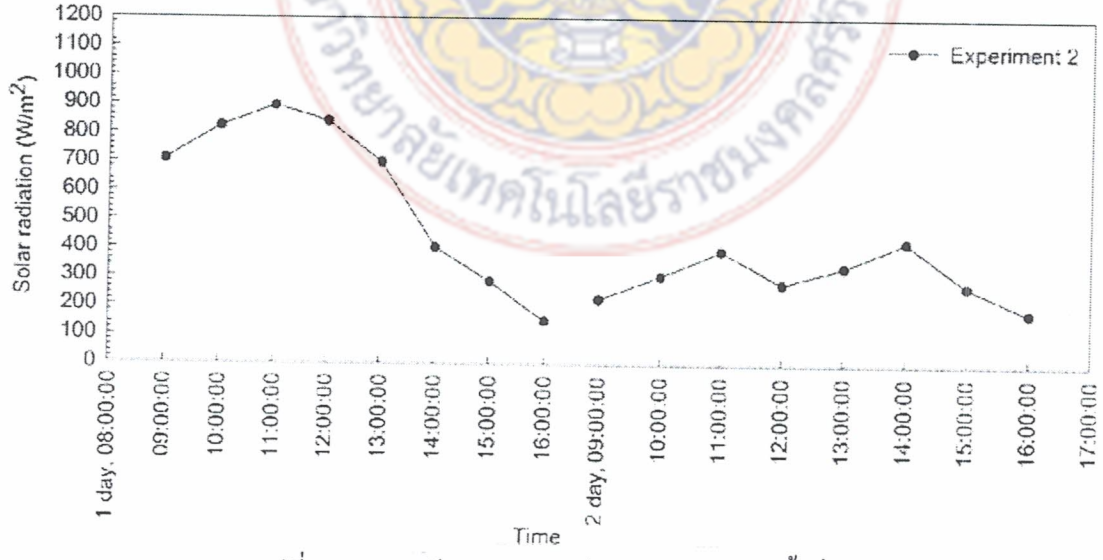
รูปที่ 4.3 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่ลดลงของการอบแห้งปลาการทดลองครั้งที่ 1

ผลการทดลองครั้งที่ 2

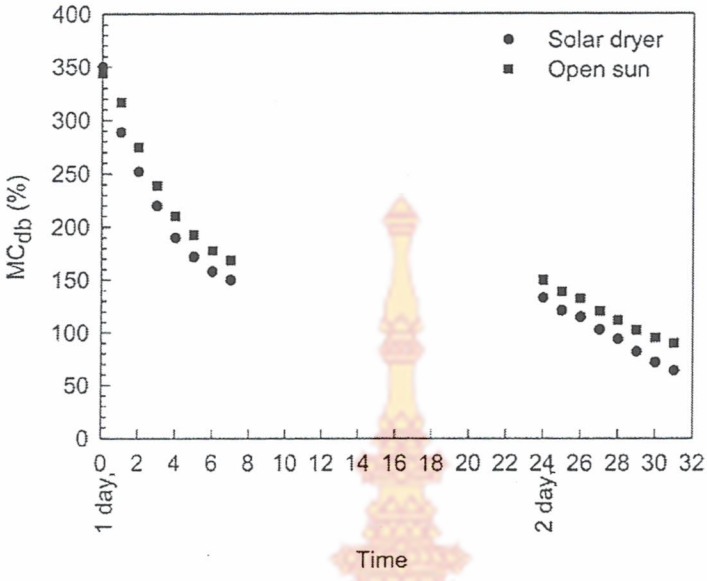
จากผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ วันแรกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 20.16 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม 20.43% ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 666.29 W/m^2 วันที่สองมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 13.95 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม 17.71% ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 321.94 W/m^2 การอบแห้งปลาเหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์สามารถทำให้ความชื้นของปลาลดลงได้ต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ภายในเวลา 2 วัน ส่วนการตากแดดโดยตรงต้องใช้เวลา 2 วันครึ่งจึงทำให้ความชื้นของปลาลดลงต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.4-4.6



รูปที่ 4.4 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการทดลองครั้งที่ 2



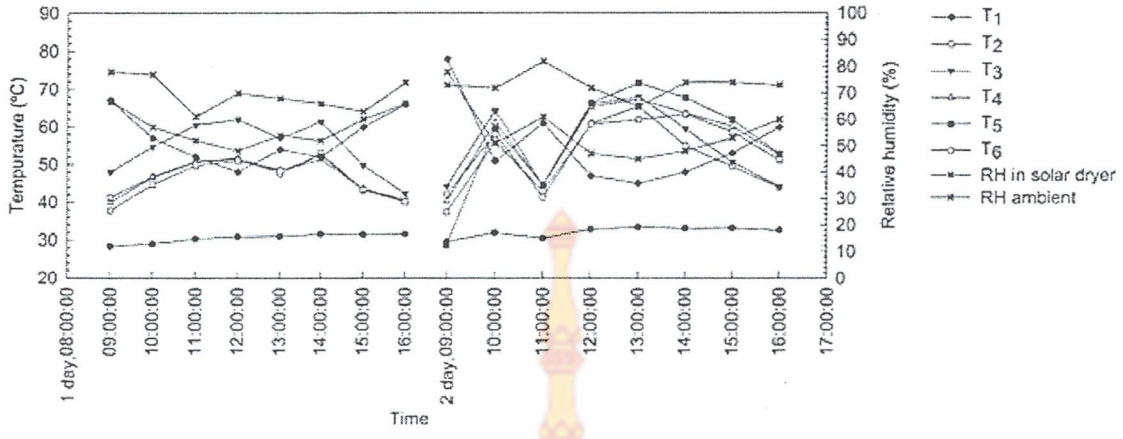
รูปที่ 4.5 ความเข้มแสงอาทิตย์ของการทดลองครั้งที่ 2



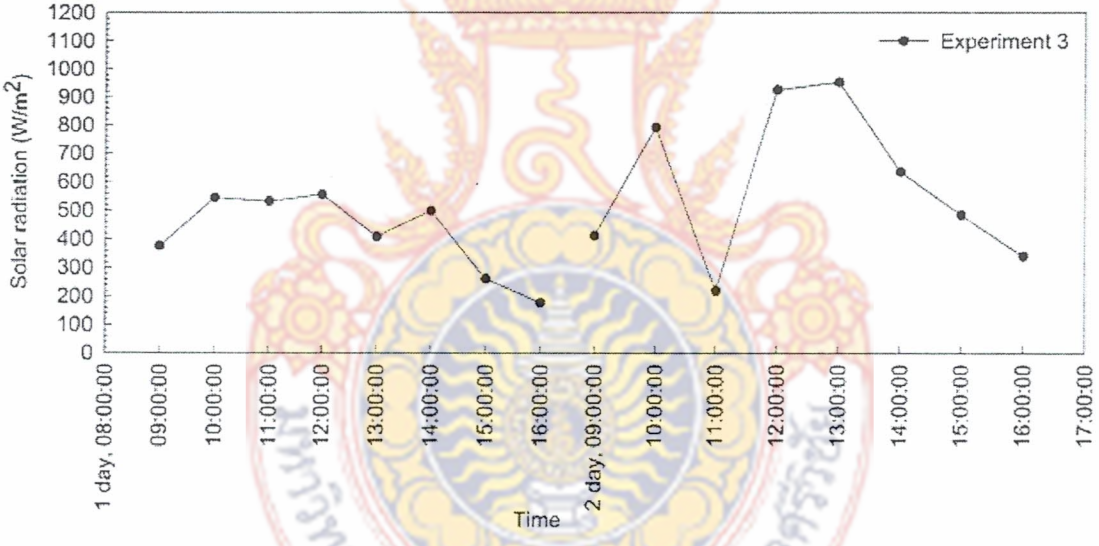
รูปที่ 4.6 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่ลดลงของการอบแห้งปลาการทดลองครั้งที่ 2

ผลการทดลองครั้งที่ 3

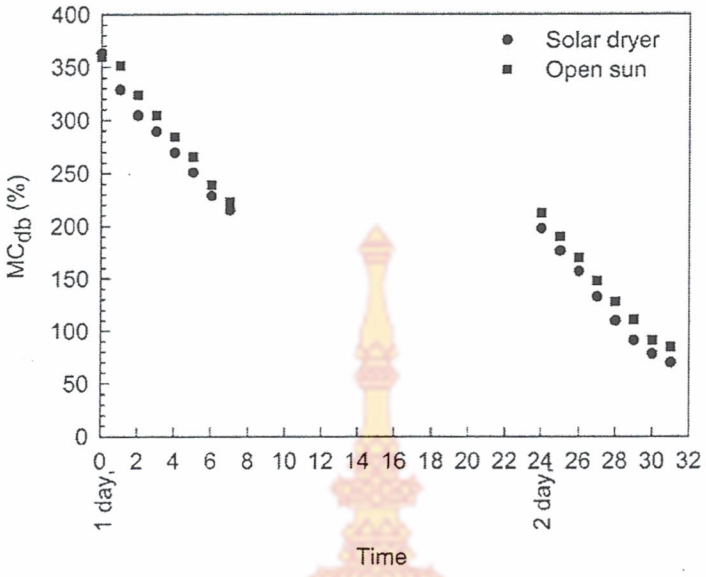
จากผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ วันแรกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 16.60 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม 13.29% ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 454.49 W/m^2 วันที่สองมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 24.30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์สิ่งแวดล้อม 18.43% ที่ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 631.50 W/m^2 การอบแห้งปลาเหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์สามารถทำให้ความชื้นของปลาลดลงได้ต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ภายในเวลา 2 วัน ส่วนการตากแดดโดยตรงต้องใช้เวลา 2 วันครึ่งจึงทำให้ความชื้นของปลาลดลงต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.7-4.9



รูปที่ 4.7 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการทดลองครั้งที่ 3



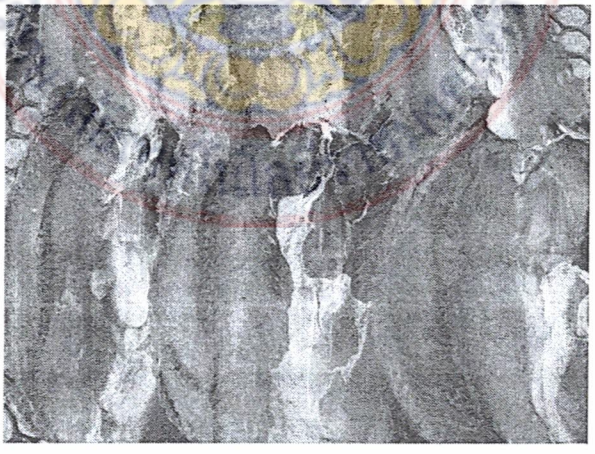
รูปที่ 4.8 ความเข้มแสงอาทิตย์ของการทดลองครั้งที่ 3



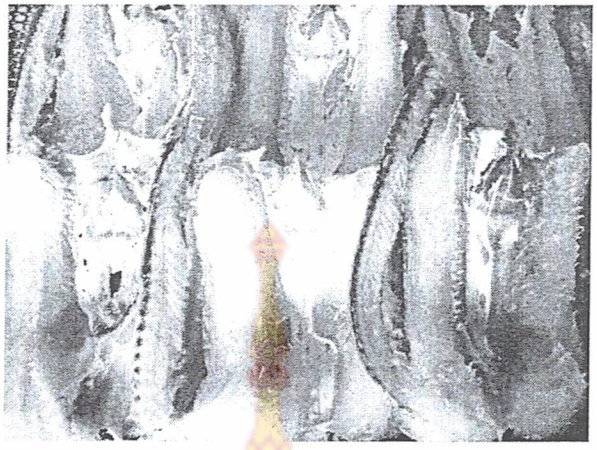
รูปที่ 4.9 ความชื้นมาตรฐานแห้งที่ลดลงของการอบแห้งปลาการทดลองครั้งที่ 3

การเปรียบเทียบปลาที่ตากด้วยเครื่องอบกับปลาที่ตากแบบสัมผัสแสงอาทิตย์โดยตรง

จากการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์และการอบแห้งปลาแหลนด้วยการตากแดดโดยตรงจะเห็นได้ว่าเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่า และมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าการตากแดดโดยตรง จึงทำให้เนื้อปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีสีขาวและขุ่นกว่าปลาที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.10-4.11

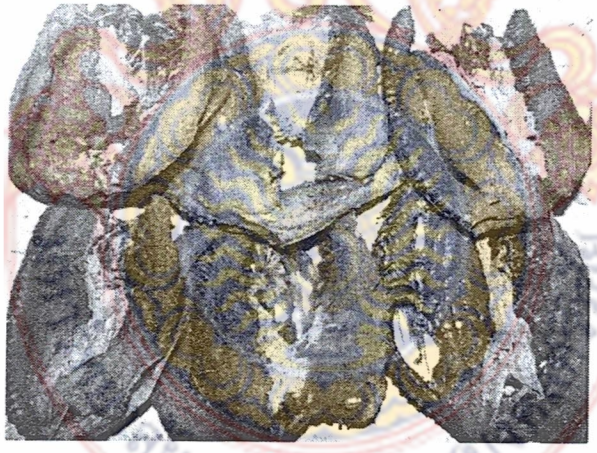


รูปที่ 4.10 ปลาแหลนที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง

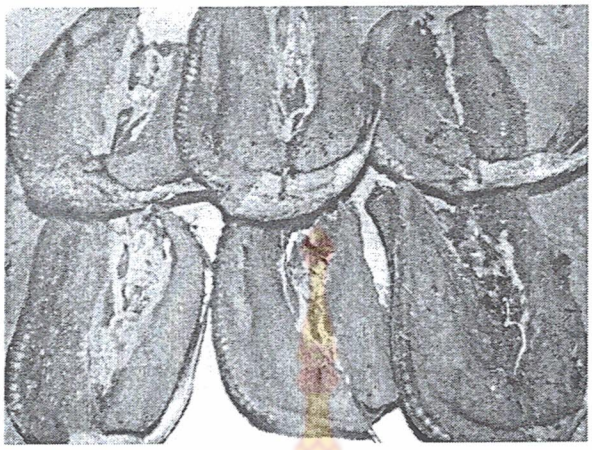


รูปที่ 4.11 ปลาเหลนที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

แต่เมื่อนำเนื้อปลาทั้งสองกรณีมาทอดแล้วจะสังเกตได้ว่าเนื้อปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีสีเข้มกว่าและจะมีความกรอบมากกว่าปลาที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง



รูปที่ 4.12 เนื้อปลาแหลทอดที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์



รูปที่ 4.13 เนื้อปลาแหลทอดที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 5
สรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

การอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ของการทดลองทั้ง 3 ครั้ง โดยนำค่ามาเฉลี่ยตั้งแต่เวลา 09:00-15:00 พบว่ามีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าสิ่งแวดล้อมเฉลี่ย 21% ทำให้การอบแห้งปลาด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ใช้เวลาอบแห้ง 2 วัน ก็ทำให้ความชื้นของปลาลดลงต่ำกว่า 70% มาตรฐานแห้ง ส่วนการอบแห้งปลาด้วยด้วยการตากแดดโดยตรงจะต้องใช้เวลา 2 วันครึ่งจึงจะทำให้ความชื้นของปลาลดลงต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นมาตรฐานแห้ง ทำให้เนื้อปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์มีสีขาวและนุ่นกว่าปลาที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง แต่เมื่อนำเนื้อปลาทั้งสองกรณีมาทอดแล้วจะสังเกตได้ว่าเนื้อปลาที่อบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์จะมีสีเข้มกว่าและจะมีความกรอบมากกว่าปลาที่อบแห้งด้วยการตากแดดโดยตรง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

พูลทวี ศรพรหม, 2550, การเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์, วิทยานิพนธ์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ยุทธศักดิ์ บุญรอด, 2549, การศึกษาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่ใช้กระจกปิดด้านบน, วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

รัฐธิปัตย์ ปางวัชรากร, 2545, การพัฒนาเครื่องอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์, วิทยานิพนธ์ สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Bala B.K., Mondol M. R. A., Biswas B.K., Chowdury B. L. D., Janjai S., 2003, Solar drying of pineapple using solar tunnel drier, Renewable Energy, 28, 183–190.

Hossain M. A., Bala B. K., 2007, Drying of hot chilli using solar tunnel drier, Solar Energy, 81, 85–92.

Srisittipokakun N., Kirdsiri K., Kaewkhao J., 2012, Solar drying of Andrographis paniculata using a parabolic-shaped solar tunnel dryer, Procedia Engineering, 32, 839 – 846.

Usub T., Lertsatitthanakorn C., Poomsa-ad N.,Wiset L., Yang L., Siriamornpun S., 2008, Experimental performance of a solar tunnel dryer for drying silkworm pupae, biosystems engineering, 101, 209 – 216.

ภาคผนวก ก

ผลการทดลอง

ตาราง ก.1 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ครั้งที่ 1

วันแรก											
time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	RH_2 (%)	v (m/s)
9:00	3.06	0.66	363.64	33.80	63.30	64.10	56.50	54.60	52.60	51.00	0.40
10:00	2.83	0.66	328.79	34.10	63.60	66.40	53.20	49.70	51.30	51.00	0.60
11:00	2.67	0.66	304.55	34.30	65.40	67.80	57.30	53.00	53.10	41.00	0.70
12:00	2.57	0.66	289.39	32.90	52.60	55.20	44.90	46.60	42.20	51.00	0.80
13:00	2.44	0.66	269.70	31.90	63.70	74.60	58.90	58.70	47.20	41.00	0.50
14:00	2.32	0.66	250.76	31.00	44.30	50.60	46.20	46.40	45.40	56.00	0.60
15:00	2.17	0.66	228.79	32.20	51.60	58.30	54.40	55.80	51.40	47.00	1.20
16:00	2.08	0.66	215.15	30.40	37.70	39.60	37.70	39.50	37.20	69.00	0.30

ตาราง ก.1 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ครั้งที่ 1 (ต่อ)

วันที่สอง											
time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	RH_2 (%)	v (m/s)
9:00	1.97	0.66	197.73	34.50	54.60	60.50	56.40	54.60	51.20	52.00	0.50
10:00	1.83	0.66	176.52	30.50	43.60	46.00	48.20	46.40	43.00	56.00	0.50
11:00	1.70	0.66	156.82	32.60	65.80	71.80	62.30	61.60	57.70	40.00	0.60
12:00	1.54	0.66	132.58	35.40	58.00	67.40	62.20	63.20	57.90	39.00	0.70
13:00	1.39	0.66	109.85	35.90	58.40	66.00	63.30	64.70	58.90	40.00	0.60
14:00	1.26	0.66	90.91	34.20	62.50	70.10	67.30	68.00	64.30	42.00	0.80
15:00	1.18	0.66	78.03	34.60	57.90	64.30	64.20	63.70	60.90	43.00	0.80
16:00	1.12	0.66	69.70	30.70	37.40	38.60	37.50	39.40	38.90	65.00	0.50

ตาราง ก.2 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ครั้งที่ 2

วันแรก											
time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	RH_2 (%)	v (m/s)
9:00	2.25	0.50	350.00	32.30	56.50	60.50	53.10	50.40	49.50	50.00	0.80
10:00	1.95	0.50	289.00	32.30	57.80	66.60	57.40	54.10	52.90	45.00	0.80
11:00	1.76	0.50	252.00	33.30	62.80	75.40	62.20	58.20	58.40	41.00	0.90
12:00	1.60	0.50	220.00	32.40	60.40	67.80	59.50	57.70	56.20	43.00	0.90
13:00	1.45	0.50	190.00	31.20	52.90	57.80	51.10	51.00	49.70	47.00	1.00
14:00	1.36	0.50	172.00	31.40	49.20	52.90	48.90	48.80	47.20	56.00	1.30
15:00	1.29	0.50	158.00	31.30	43.60	47.60	43.80	43.40	42.40	62.00	0.60
16:00	1.25	0.50	150.00	30.80	38.50	40.30	37.30	37.30	37.30	71.00	0.60

ตาราง ก.2 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ครั้งที่ 2 (ต่อ)

วันที่สอง											
time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	RH_2 (%)	v (m/s)
9:00	1.17	0.50	133.00	28.20	36.20	39.10	35.80	34.30	34.40	70.00	0.60
10:00	1.11	0.50	121.00	28.80	39.00	43.00	38.50	36.80	36.10	65.00	0.40
11:00	1.08	0.50	115.00	28.00	46.80	51.00	44.60	43.40	42.40	56.00	0.70
12:00	1.02	0.50	103.00	28.90	42.10	47.30	44.50	43.90	43.30	53.00	0.20
13:00	0.97	0.50	94.00	29.60	45.20	50.50	46.50	45.60	44.80	55.00	0.30
14:00	0.91	0.50	82.00	30.20	46.70	51.40	51.60	50.50	49.60	51.00	0.40
15:00	0.86	0.50	72.00	30.00	41.30	46.70	45.20	45.60	46.60	54.00	0.50
16:00	0.82	0.50	64.00	29.60	37.40	41.40	41.50	40.50	40.90	63.00	0.20

ตาราง ก.3 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ครั้งที่ 3

วันแรก											
time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	RH_2 (%)	v (m/s)
9:00	2.47	0.55	348.18	28.40	41.20	48.00	39.90	37.80	37.80	67.00	0.60
10:00	2.25	0.55	309.09	29.00	46.80	54.70	46.60	44.60	44.60	57.00	0.90
11:00	2.14	0.55	289.09	30.30	50.80	60.50	50.70	49.80	49.80	52.00	0.50
12:00	1.99	0.55	261.82	30.90	51.70	62.00	51.50	51.00	51.00	48.00	0.40
13:00	1.89	0.55	243.64	31.00	47.60	57.00	48.60	48.40	48.40	54.00	0.80
14:00	1.79	0.55	224.55	31.60	53.10	61.40	51.30	52.30	52.30	52.00	0.60
15:00	1.71	0.55	210.00	31.50	43.20	49.80	43.60	43.40	43.40	60.00	0.10
16:00	1.65	0.55	200.00	31.60	40.90	42.30	40.30	40.00	40.00	66.00	0.70

ตาราง ก.3 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ครั้งที่ 3 (ต่อ)

วันที่สอง											
time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	T_6 (°C)	RH_2 (%)	v (m/s)
9:00	1.56	0.55	183.64	29.50	42.10	44.20	40.30	28.60	37.40	78.00	0.10
10:00	1.41	0.55	156.36	32.00	58.00	64.30	61.20	59.60	55.90	51.00	0.40
11:00	1.30	0.55	135.45	30.50	41.30	44.50	44.40	44.60	42.90	61.00	0.30
12:00	1.19	0.55	115.45	32.90	60.90	66.10	65.40	66.40	60.80	47.00	0.80
13:00	1.04	0.55	89.09	33.40	65.50	68.10	67.40	71.70	61.90	45.00	0.60
14:00	0.97	0.55	76.36	33.10	55.00	59.50	63.70	67.80	63.40	48.00	0.50
15:00	0.92	0.55	66.36	33.20	49.50	50.70	60.20	61.90	58.70	53.00	0.50
16:00	0.90	0.55	63.64	32.60	43.90	44.20	52.60	52.90	51.20	60.00	0.50

ตาราง ก.4 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยการตากแดดโดยตรงครั้งที่ 1

Date	time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	RH_1 (%)	Solar radiation (W/m^2)
วันแรก	9:00	2.99	0.65	360.00	56.00	798.85
	10:00	2.94	0.65	351.54	71.00	794.50
	11:00	2.76	0.65	323.85	74.00	825.09
	12:00	2.63	0.65	304.62	78.00	961.28
	13:00	2.50	0.65	284.62	72.00	806.75
	14:00	2.38	0.65	265.38	77.00	705.15
	15:00	2.21	0.65	239.23	62.00	459.34
	16:00	2.10	0.65	223.08	82.00	325.09
วันที่สอง	9:00	2.03	0.65	212.31	63.00	804.46
	10:00	1.89	0.65	190.00	80.00	861.28
	11:00	1.76	0.65	170.00	67.00	986.59
	12:00	1.61	0.65	147.69	70.00	1034.02
	13:00	1.48	0.65	127.69	68.00	888.43
	14:00	1.37	0.65	110.77	65.00	728.98
	15:00	1.24	0.65	90.77	61.00	562.77
	16:00	1.20	0.65	84.62	80.00	111.91

ตาราง ก.5 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยการตากแดดโดยตรงครั้งที่ 2

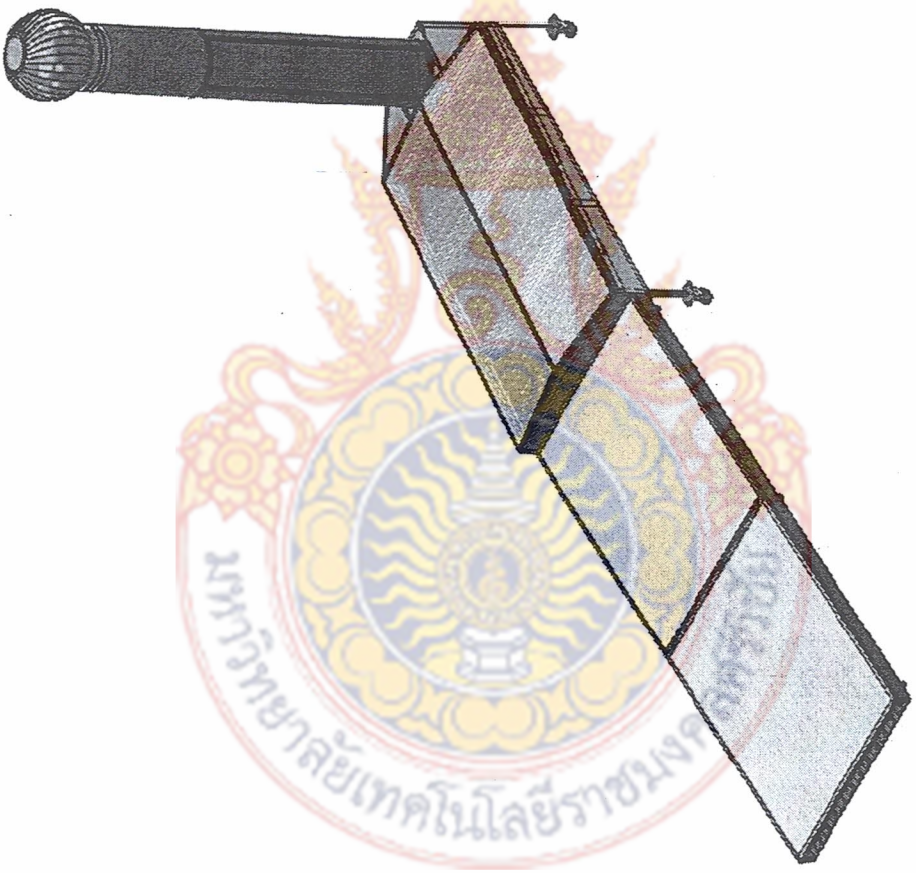
Date	time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	RH_1 (%)	Solar radiation (W/m^2)
วันแรก	9:00	2.40	0.54	344.44	63.00	709.85
	10:00	2.25	0.54	316.67	65.00	824.74
	11:00	2.03	0.54	275.00	66.00	895.18
	12:00	1.83	0.54	238.89	69.00	841.69
	13:00	1.68	0.54	210.19	73.00	701.03
	14:00	1.58	0.54	192.59	73.00	404.92
	15:00	1.50	0.54	177.78	78.00	286.59
	16:00	1.45	0.54	168.52	82.00	150.63
วันที่สอง	9:00	1.35	0.54	150.00	90.00	227.37
	10:00	1.29	0.54	138.89	82.00	307.56
	11:00	1.26	0.54	132.41	71.00	396.33
	12:00	1.19	0.54	120.37	73.00	280.06
	13:00	1.15	0.54	112.04	66.00	340.43
	14:00	1.10	0.54	102.78	70.00	428.06
	15:00	1.06	0.54	95.37	76.00	273.76
	16:00	1.03	0.54	89.81	81.00	182.13

ตาราง ก.6 ผลการทดลองอบแห้งปลาแหลนด้วยการตากแดดโดยตรงครั้งที่ 3

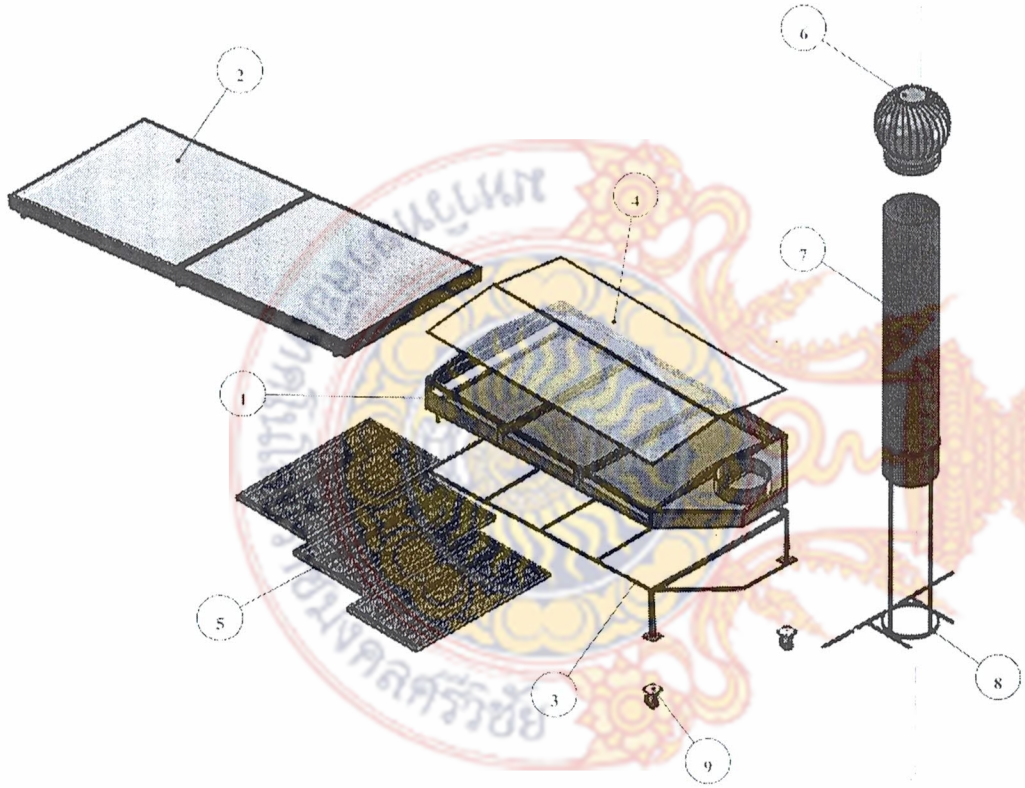
Date	time (hr)	m (kg)	m_d (kg)	MC_{db} (%)	RH_I (%)	Solar radiation (W/m^2)
วันแรก	9:00	2.38	0.52	356.73	78.00	376.74
	10:00	2.28	0.52	337.50	77.00	545.13
	11:00	2.13	0.52	308.65	61.00	532.76
	12:00	2.02	0.52	288.46	70.00	556.12
	13:00	1.89	0.52	263.46	68.00	409.50
	14:00	1.76	0.52	237.50	66.00	499.31
	15:00	1.71	0.52	227.88	63.00	261.85
	16:00	1.63	0.52	213.46	74.00	177.20
วันที่สอง	9:00	1.55	0.52	198.08	73.00	411.68
	10:00	1.41	0.52	171.15	72.00	791.86
	11:00	1.32	0.52	153.85	82.00	219.93
	12:00	1.22	0.52	134.62	72.00	925.42
	13:00	1.08	0.52	107.69	65.00	952.92
	14:00	1.01	0.52	94.81	74.00	634.59
	15:00	0.96	0.52	83.65	74.00	484.07
	16:00	0.93	0.52	77.88	73.00	339.97

ภาคผนวก ข

แบบเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์

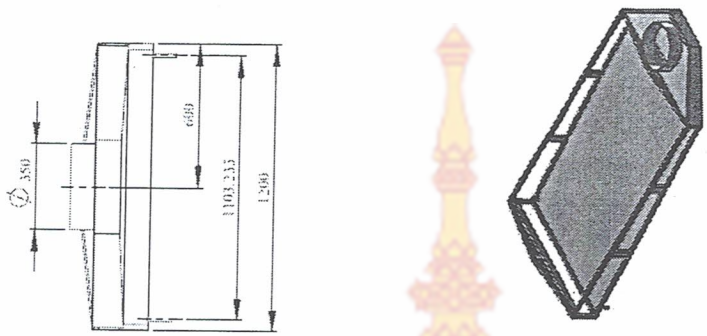


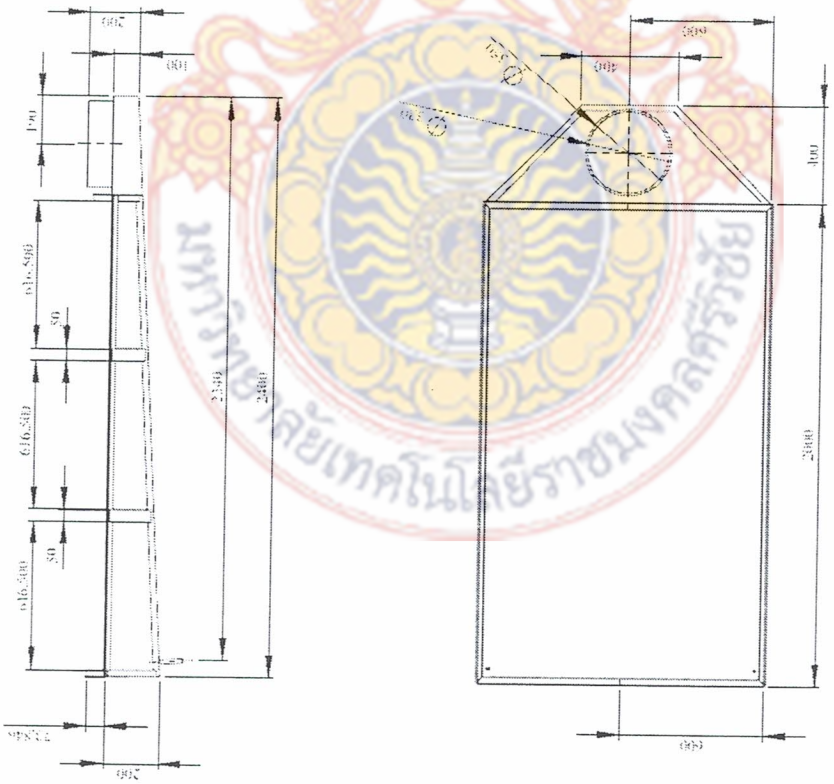
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

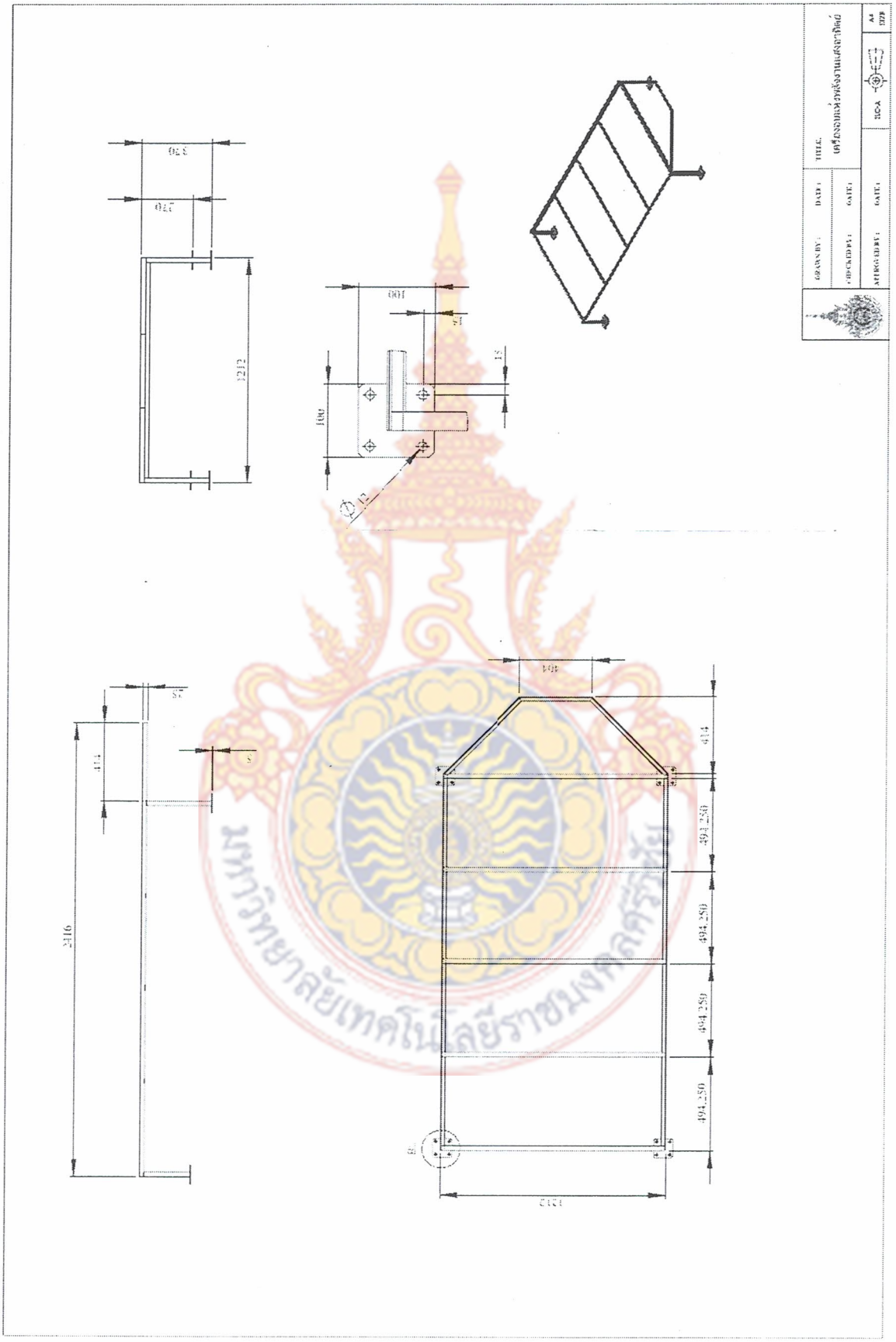


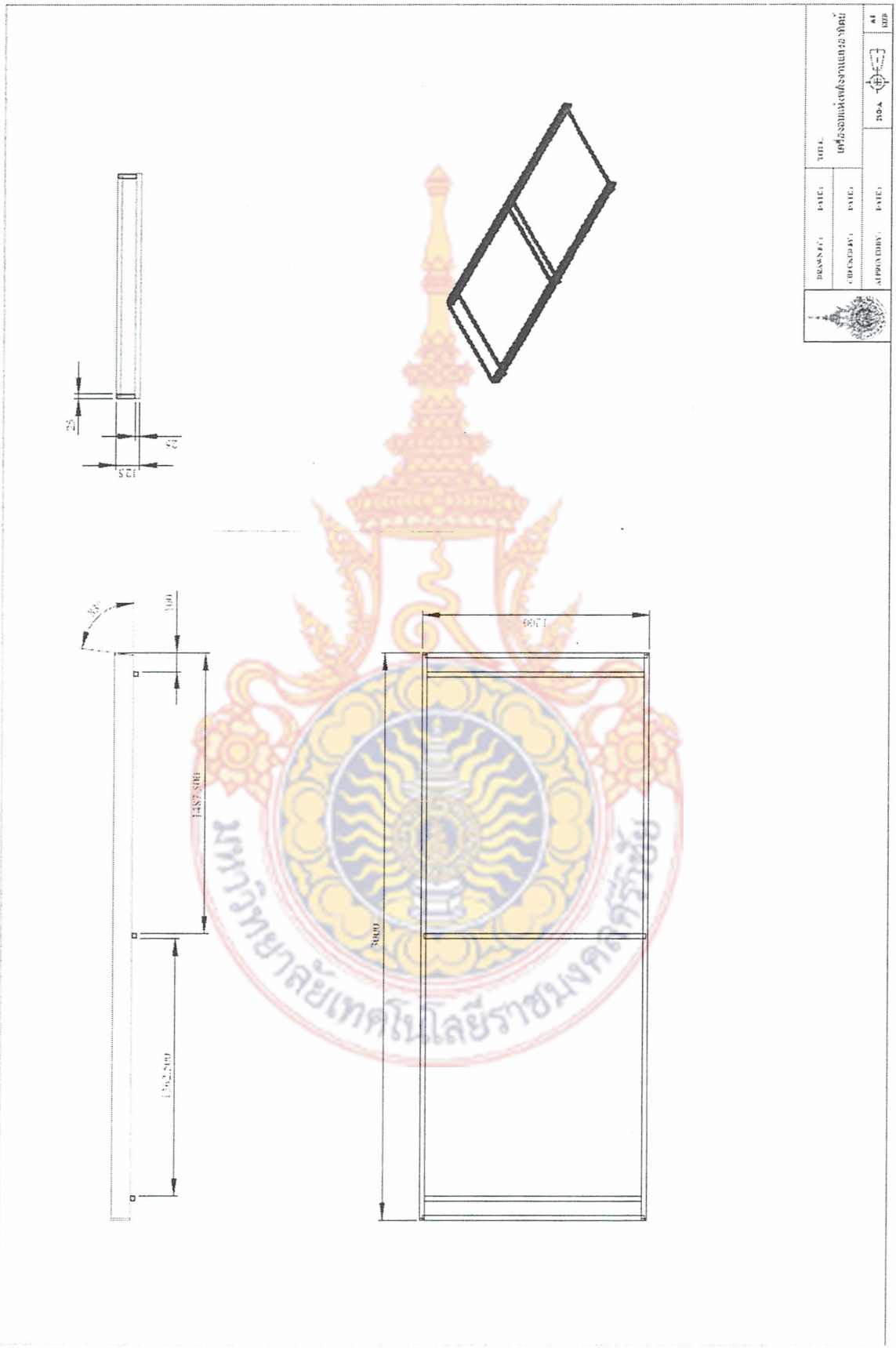
ลำดับ	ชื่อชิ้นงาน	ขนาด
1	โครงเครื่องอบแห้ง	200x120x20 cm.
2	ชุดรับแสง	300x120x10 cm.
3	ฐานรับเครื่องอบแห้ง	200x120x37 cm.
4	กระจกเครื่องอบแห้ง	200x60x2.5 cm.
5	ถาดตะแกรง	115x60x2.5 cm.
6	ลูกหมุนระบายอากาศ	-
7	ปล่องท่อระบายอากาศ	200x35x0.2 cm.
8	โครงประคองท่อระบายอากาศ	-
9	ลูกล้อ	-

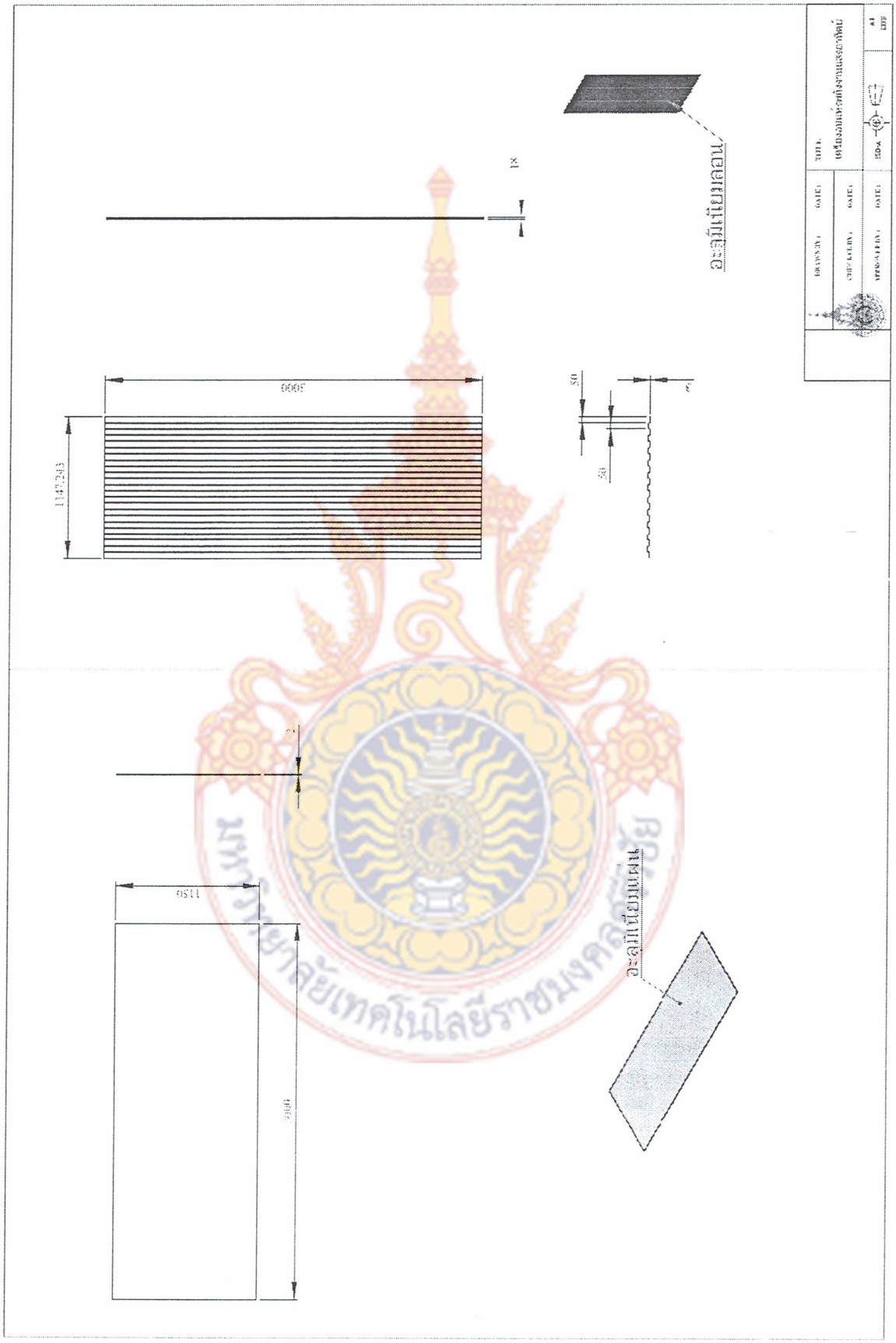
DRAWN BY :	DATE :	TITLE: เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
CHECKED BY :	DATE :	
APPROVED BY :	DATE :	ISO-A A4 SIZE

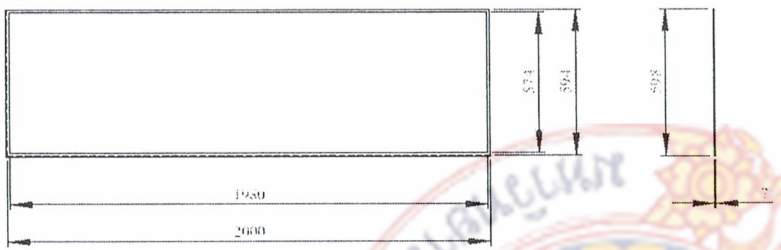




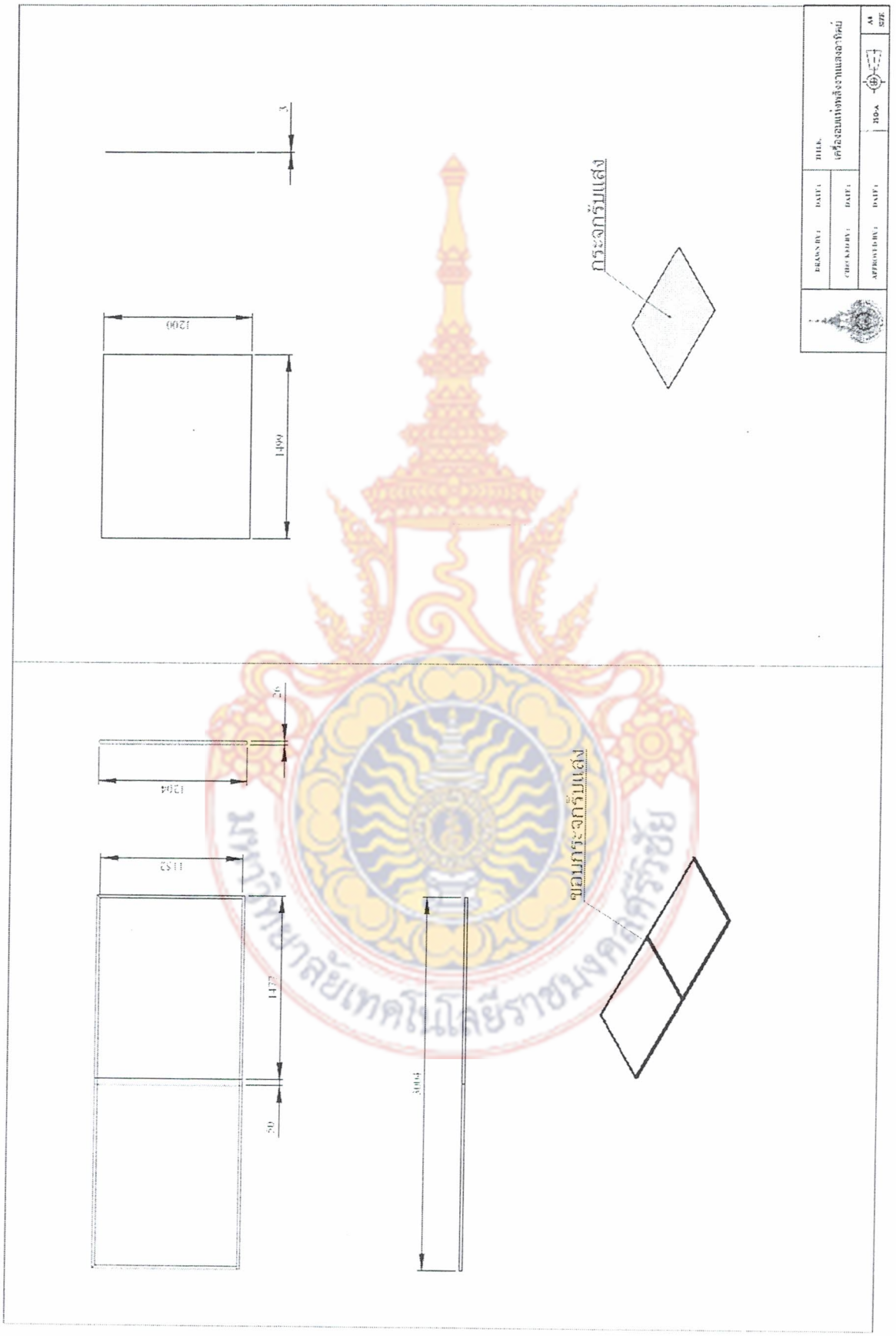

320
270
1212
100
15
2116
414
494.250
1212

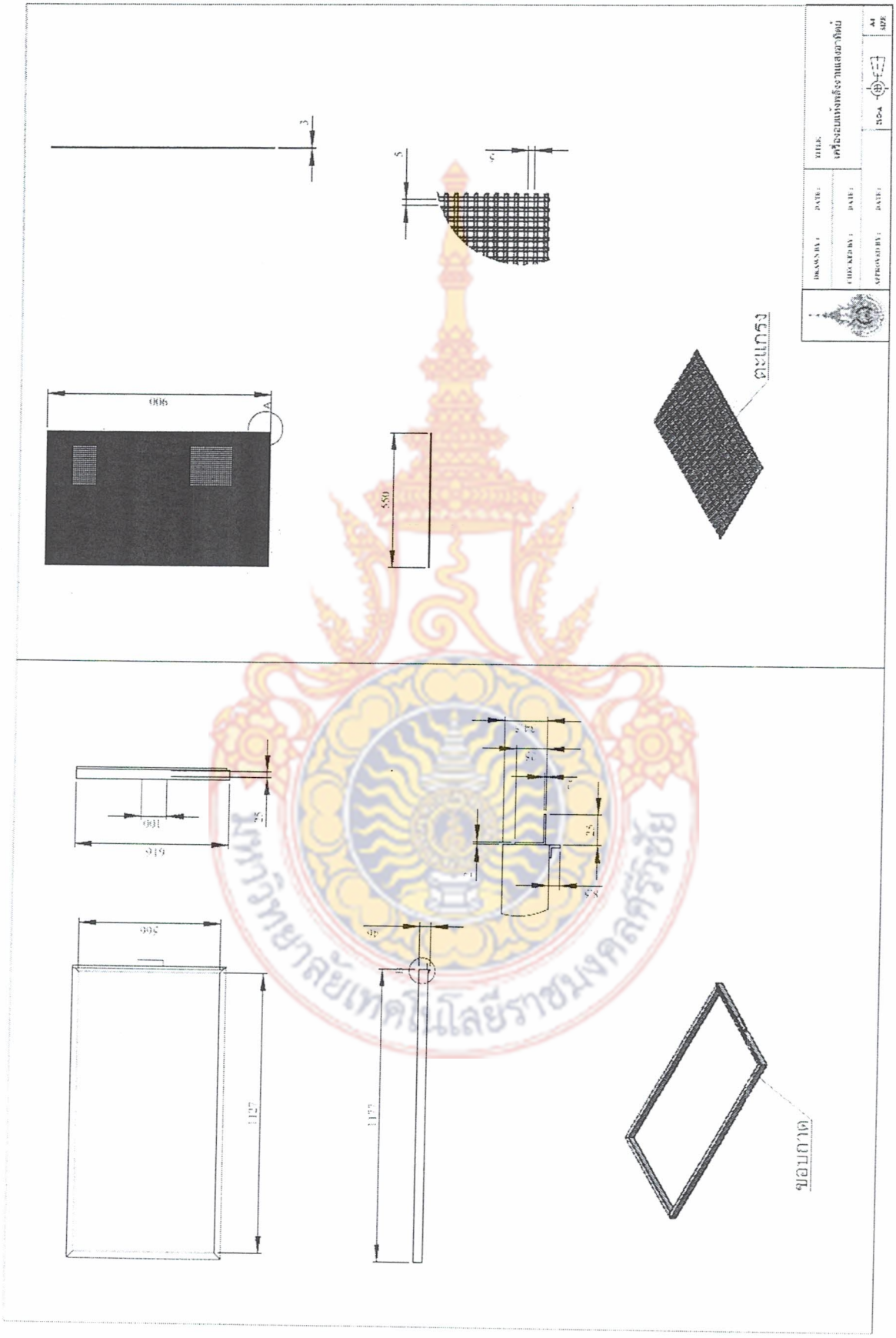

25
125
1437.506
900
1362.569
1500

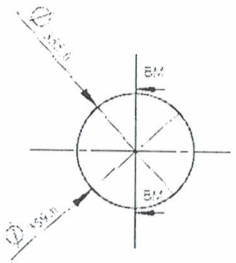

18
3000
1142.243
50
50
2
2
1150
2000
อะลูมิเนียมแผ่นเรียบ
อะลูมิเนียมแผ่นฉลุ
TITLE:
A1

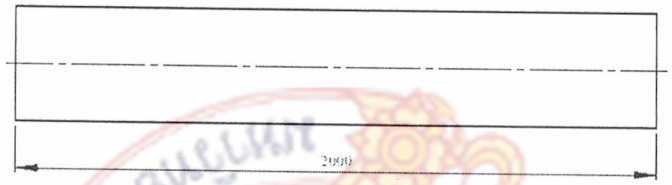


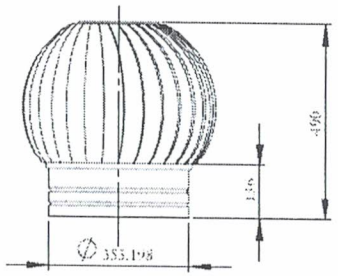
DRAWN BY :	DATE :	TITLE. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
CHECKED BY :	DATE :	
APPROVED BY :	DATE :	1:50 A A1 SIZE

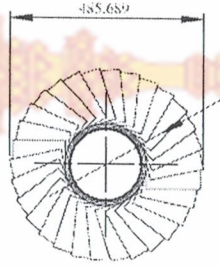

กระจกรับแสง
ขอบกระจกรับแสง
1200
1499
1152
1477
1264
3
26
50
3004
DRAWN BY : DATE :
CHECKED BY : DATE :
APPROVED BY : DATE :
TITLE :
เครื่องรวบรวมพลังงานแสงอาทิตย์
SCALE
A1 SIZE


ตะแกรง
ขอบยาง





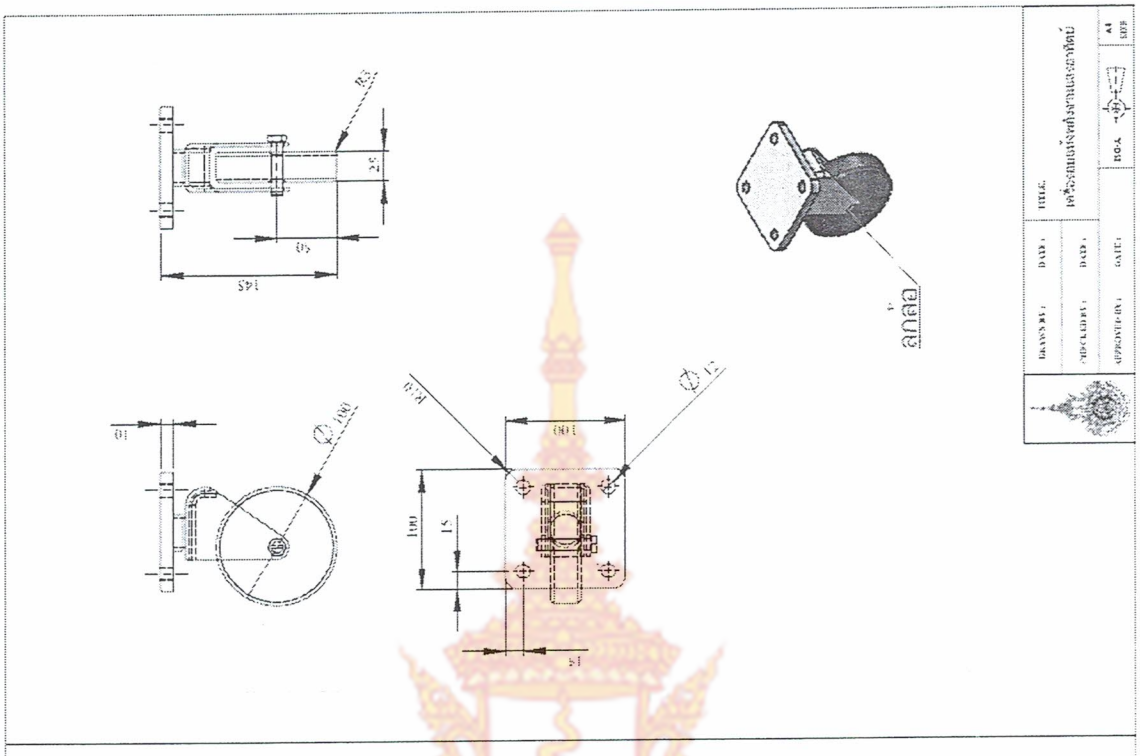


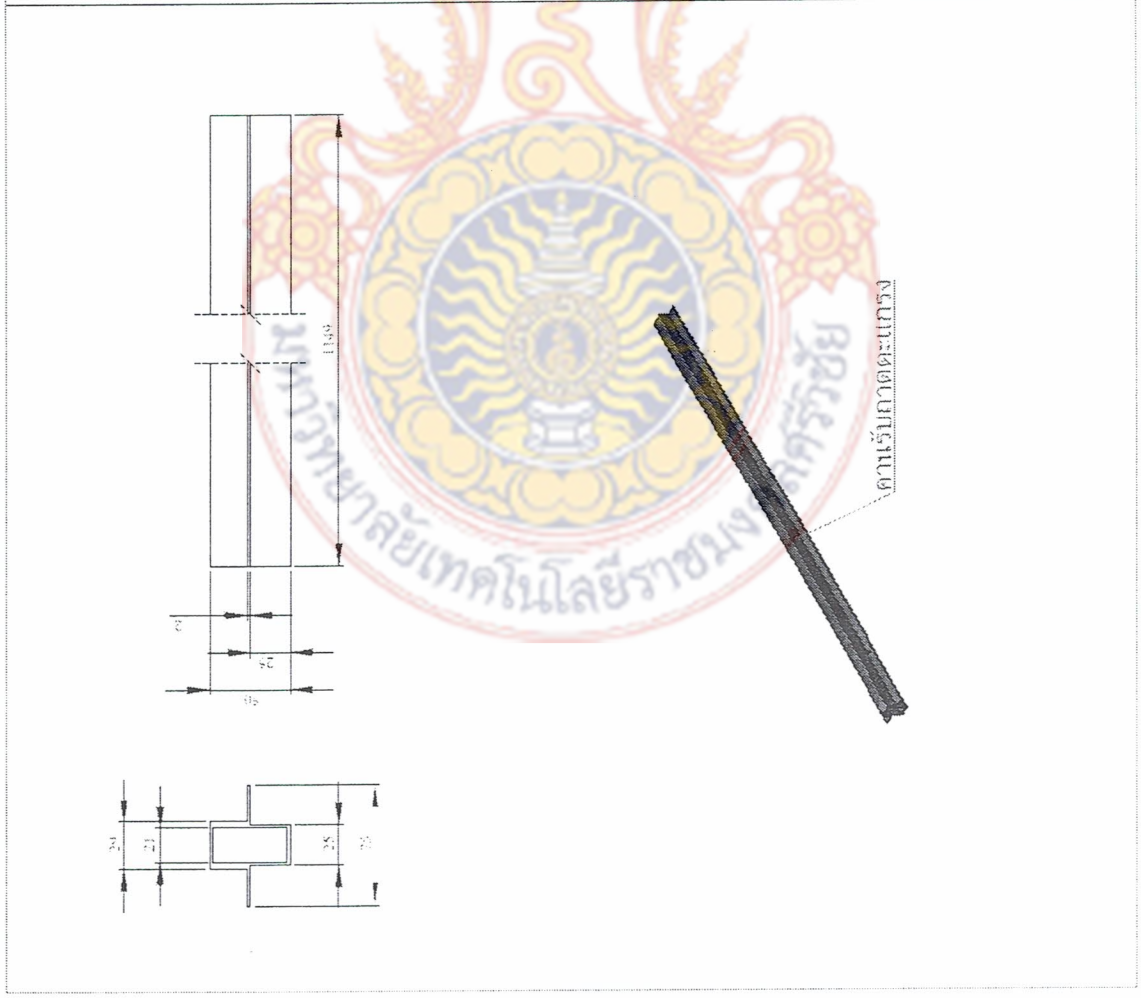


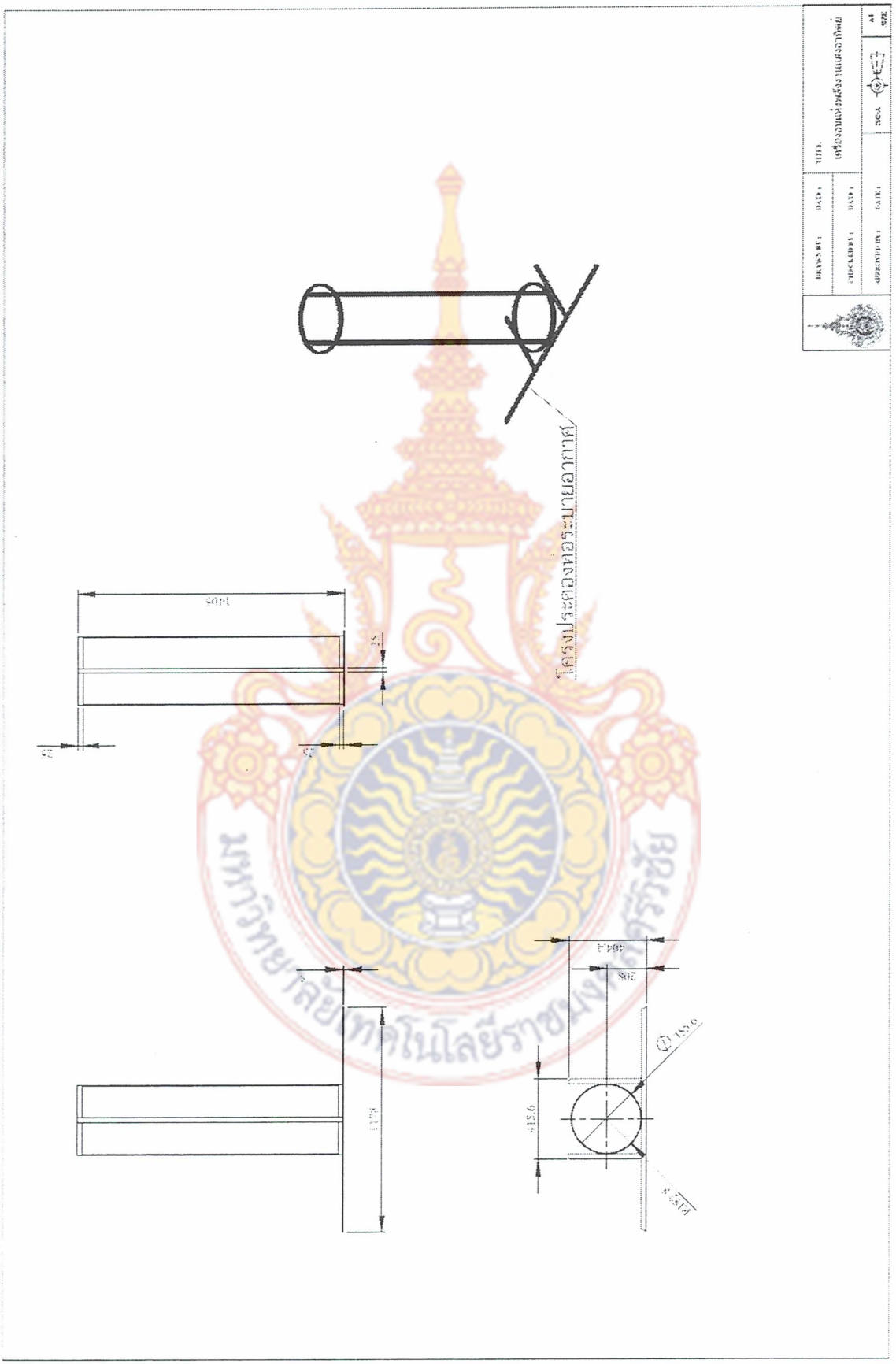
ลูกหมุนระบายอากาศ

ปลองท่อระบายอากาศ

DRAWN BY :	DATE :	TITLE: เครื่องระบายแห้งหลังงานแสงอาทิตย์
CHECKED BY :	DATE :	
APPROVED BY :	DATE :	SCALE: A4 SIZE


ลูกล้อ


คานรับแกดตะแกรง


ที่แขวนกระดาษชำระแบบม้วนใหญ่
1405
25
25
25
1173
404.4
208
R15.6
615.6
R15.6